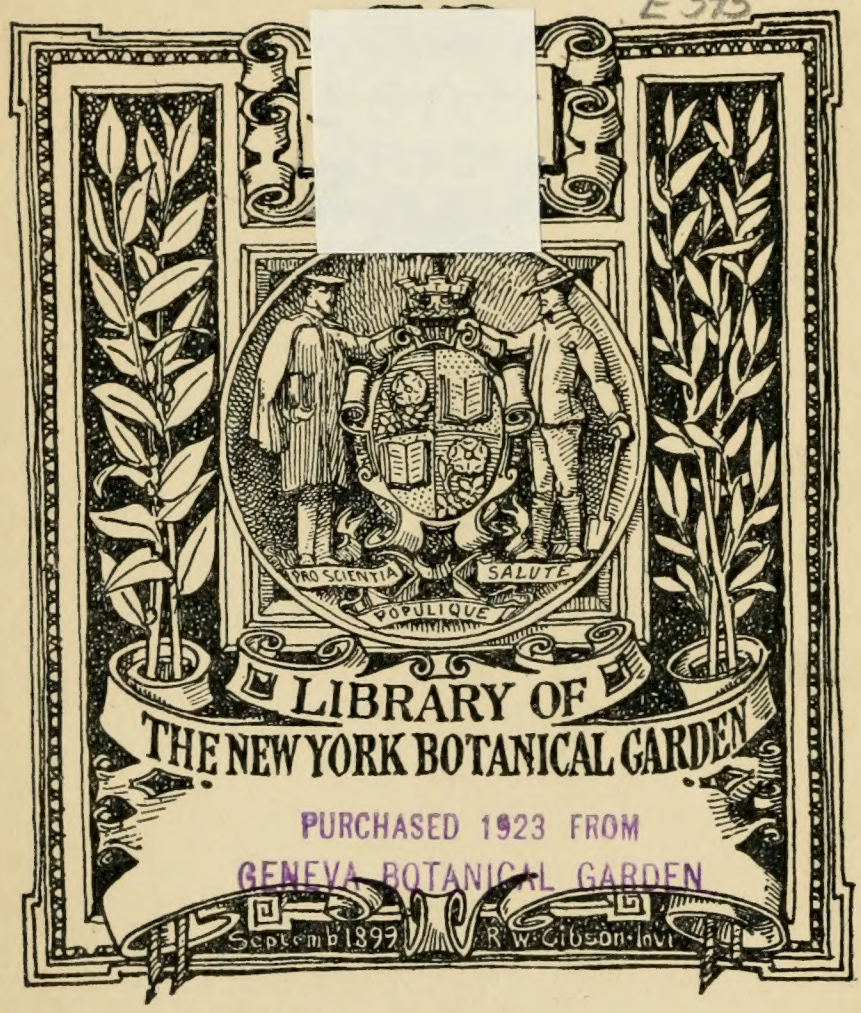
XB
E395


PRO SCIENTIA
SALUTE
POPULIQUE
LIBRARY OF
THE NEW YORK BOTANICAL GARDEN
PURCHASED 1923 FROM
GENEVA BOTANICAL GARDEN
Septemb 1899
R. W. Gibson. Invt

CONSERVATOIRE
BOTANIQUE
VILLE de GENÈVE

DUPLICATA DE LA BIBLIOTHÈQUE
DU CONSERVATOIRE BOTANIQUE DE GENEVE
VENDU EN 1922

Beiträge

zur

Biologie der Pflanzen.

Herausgegeben

von

Dr. Ferdinand Cohn.

Erster Band.

Mit fünfzehn zum Theil farbigen Tafeln.

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN

CONSERVATOIRE
BOTANIQUE
VILLE de GENÈVE

1870-75

Breslau 1875.
J. U. Kern's Verlag
(Max Müller).

DUPLICATA DE LA BIBLIOTHÈQUE
DU CONSERVATOIRE BOTANIQUE DE GENEVE
VENDU EN 1922

XB
.E395
v.1
1870-75

Inhalt des ersten Bandes.

	Heft.	Seite.
Die Pflanzenparasiten aus der Gattung Synchytrium. Von Dr. J. Schroeter. (Mit Tafel I–III.)	I.	1
Ueber die Fäule der Cactusstämme. Von H. Lebert und F. Cohn.	I.	51
Ueber eine neue Pilzkrankheit der Erdraupen. Von Dr. Ferdinand Cohn. (Mit Tafel IV. und V.)	I.	58
Ueber die Stammfäule der Pandaneen. Von Dr. J. Schroeter.	I.	87
Ueber den Brunnenfaden *(Crenothrix polyspora)* mit Bemerkungen über die mikroskopische Analyse des Brunnenwassers. Von Dr. Ferdinand Cohn. (Mit Tafel VI.)	I.	108
Untersuchungen über die Abwärtskrümmung der Wurzel. Von Dr. Theophil Ciesielski. (Mit Tafel I.)	II.	1
Ueber die Lage und die Richtung schwimmender und submerser Pflanzentheile. Von Dr. A. B. Frank.	II.	31
Ueber parasitische Algen. Von Dr. Ferd. Cohn. (Mit Tafel II.)	II.	87
Ueber einige durch Bacterien gebildete Pigmente. Von Dr. J. Schroeter.	II.	109
Untersuchungen über Bacterien. Von Dr. Ferd. Cohn. (Mit Tafel III.)	II.	127
Entwicklungsgeschichte einiger Rostpilze. Von Dr. J. Schroeter.	III.	1
Untersuchungen über den Widerstand, den die Hautgebilde der Verdunstung entgegensetzen. Von Dr. L. Just.	III.	11
Prüfung einiger Desinfectionsmittel durch Beobachtung ihrer Einwirkung auf niedere Organismen. Von Dr. J. Schroeter.	III.	30
Ueber die einseitige Beschleunigung des Aufblühens einiger kätzchenartigen Inflorescenzen durch die Einwirkung des Lichtes. Von Dr. A. B. Frank.	III.	51
Ueber die Function der Blasen von *Aldrovanda* und *Utricularia* von Dr. Ferdinand Cohn. (Mit Tafel I.)	III.	71
Die Entwickelungsgeschichte der Gattung *Volvox*. Von Dr. Ferdinand Cohn. (Mit Tafel II.)	III.	93
Untersuchungen über *Pythium Equiseti*. Von Dr. Richard Sadebeck. (Mit Tafel III. und IV.)	III.	117
Untersuchungen über Bacterien II. Von Dr. Ferdinand Cohn. (Mit Tafel V. und VI.)	III.	141
Untersuchungen über Bacterien. III. Beiträge zur Biologie der Bacterien. 1. Die Einwirkung verschiedener Temperaturen und des Eintrocknens auf die Entwicklung vom *Bacterium Termo* Duj. Von Dr. Eduard Eidam.	III.	208

Register zum ersten Bande.

	Heft.	Seite.
Ciesielski, Dr. **Theophil**, Untersuchungen über die Abwärtskrümmung der Wurzel. (Mit Tafel I.)	II.	1
Cohn, Dr. **Ferdinand**, Ueber die Fäule der Cactusstämme.	I.	51
— Ueber eine neue Pilzkrankheit der Erdraupen. (Mit Tafel IV. u. V.)	I.	58
— Ueber den Brunnenfaden *(Crenothrix polyspora)* mit Bemerkungen über die mikroskopische Analyse des Brunnenwassers. (Mit Tafel VI.)	I.	108
— Ueber parasitische Algen. (Mit Tafel II.)	II.	87
— Untersuchungen über Bacterien. (Mit Tafel III.)	II.	127
— Ueber die Function der Blasen von *Aldrovanda* und *Utricularia*. (Mit Tafel I.)	III.	71
— Die Entwickelungsgeschichte der Gattung *Volvox*. (Mit Tafel II.)	III.	93
— Untersuchungen über Bacterien II. (Mit Tafel V. und VI.)	III.	141
Eidam, Dr. **Eduard**, Untersuchungen über Bacterien. III. Beiträge zur Biologie der Bacterien. 1. Die Einwirkung verschiedener Temperaturen und des Eintrocknens auf die Entwicklung von *Bacterium Termo* Duj.	III.	208
Frank, Dr. **A. B.**, Ueber die Lage und die Richtung schwimmender und submerser Pflanzentheile	II.	31
— Ueber die einseitige Beschleunigung des Aufblühens einiger kätzchenartigen Inflorescenzen durch die Einwirkung des Lichtes	III.	51
Just, Dr. **L.**, Untersuchungen über den Widerstand, den die Hautgebilde der Verdunstung entgegensetzen	III.	11
Lebert, Dr. **H.**, siehe **Cohn**, Ueber die Fäule der Cactusstämme.		
Sadebeck, Dr. **Richard**, Untersuchungen über *Pythium Equiseti*. (Mit Tafel III. u. IV.)	III.	117
Schroeter, Dr. **J.**, Die Pflanzenparasiten aus der Gattung Synchytrium. (Mit Tafel I—III.)	I.	1
— Ueber die Stammfäule der Pandaneen	I.	87
— Ueber einige durch Bacterien gebildete Pigmente	II.	109
— Entwicklungsgeschichte einiger Rostpilze	III.	1
— Prüfung einiger Desinfectionsmittel durch Beobachtung ihrer Einwirkung auf niedere Organismen	III.	30

Beiträge

zur

Biologie der Pflanzen.

Herausgegeben

von

Dr. Ferdinand Cohn.

Erstes Heft.

Mit sechs zum Theil farbigen Tafeln.

Breslau 1870.

J. U. Kern's Verlag

(Max Müller).

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN

Vorwort.

Die Beiträge zur Biologie der Pflanzen sind zunächst dazu bestimmt, die im Pflanzenphysiologischen Institut der Universität Breslau gemachten Untersuchungen in einem selbstständigen Organ zur Veröffentlichung zu bringen. Im vorliegenden ersten Hefte wurden mehrere Arbeiten über mikroskopische Algen und Pilze und deren Beziehungen zur Pathologie der Pflanzen, der Thiere und des Menschen vereinigt, welche von meinem Freunde und Mitarbeiter Herrn Regimentsarzt Dr. Schroeter und mir selbst in jüngster Zeit zum Abschluss gebracht worden sind.

In den von uns in Aussicht genommenen Fortsetzungen dieser Beiträge sollen vorzugsweise solche botanische Untersuchungen berücksichtigt werden, welche allgemeine biologische Fragen behandeln, oder zu den praktischen Naturwissenschaften, Medizin, Landwirthschaft u. s. w. in mehr oder minder directer Beziehung stehen.

AUG 7 1923

Wenn es die Verhältnisse gestatten, so würden einschlagende Arbeiten, zu deren Behandlung die nunmehr fast an allen Universitäten errichteten pflanzenphysiologischen Laboratorien besondere Anregung geben, auch von andern Forschern Aufnahme finden und dadurch die Lücke ergänzt werden können, welche in der botanischen Literatur durch das Eingehen der eine ähnliche Tendenz verfolgenden „Botanischen Untersuchungen“ von Karsten entstanden ist.

Ferdinand Cohn.

Die

Pflanzenparasiten aus der Gattung Synchytrium.

Von

Dr. J. Schroeter.

1. Die folgenden Blätter beschäftigen sich mit einer kleinen Gruppe von Pflanzenschmarotzern, die schon desshalb ein allgemeineres Interesse verdienen, weil die Bekanntschaft mit ihnen noch verhältnissmässig neu ist, und weil sie in dem ganzen Verlauf ihrer Entwicklung von den vor ihnen bekannten pilzlichen Pflanzenparasiten vollständig verschieden sind. Die Zeit liegt noch nicht weit hinter uns, in der die Entwickelungs- und Verbreitungsgeschichte der endophytischen Pilze für den Forscher ebenso wie für den Pflanzenfreund ein halbes Räthsel war. Als man schon diese Organismen als Begleiter der meisten Pflanzenkrankheiten erkannt hatte, konnten immer noch die hervorragendsten wissenschaftlichen Auctoritäten die Behauptung vertheidigen, dass sich die Sporen aus den krankhaft veränderten Säften der Nährpflanzen bildeten, und dass der Grund für diese krankhafte Veränderung in dem nachtheiligen Einfluss einer fortgesetzten Cultur zu suchen sei. Die wissenschaftliche Forschung, mit den vervollkommneten Mitteln der neueren Zeit ausgerüstet hat diese Theorie so vollständig widerlegt, dass uns fast die Erinnerung an sie entschwunden ist; wenn wir aber darauf zurückblicken, wie sich die Lehre von der selbstständigen und selbstthätigen Natur der Schmarotzerpilze zur allgemeinen Geltung gebracht hat, so finden wir, dass dies nur durch eine schrittweise, man möchte sagen systematisch vorgehende Untersuchung geschehen ist. Als man die Beobachtung über die Pflanzenkrankheiten weiter ausdehnte, und dabei nicht allein die angebauten sondern auch die wildwachsenden Pflanzen beachtete, fand sich, dass Letztere ebenso häufig, oft sogar viel stärker von den die Krankheit bildenden Schmarotzern ergriffen waren. Dadurch wurde sogleich der Satz widerlegt, dass eine durch die Kultur bedingte Saftverderbniss die Ursache der Krankheiten sei. Sodann

fand sich bei gründlicherer Untersuchung, dass die Sporen gar nicht durch freie Zellbildung aus dem Safte der Nährpflanzen entstehen, dass sie vielmehr in ihren Jugendzuständen an Fäden anhängen, die zwischen den Zellen lagern, und erst später von diesen abgeschnürt werden. Diese Sporenträger, zeigte es sich weiter, entspringen immer von einem Fadengeflecht, das in der kranken Pflanze wuchert, in diesem umsichgreifenden Mycel war also der Ursprung der Krankheit und der Pilzsporen gefunden. Es war jetzt nur noch nöthig nachzuweisen, dass die Sporen keimen, dass ihre Keimschläuche in die Gewebe gesunder Pflanzen eindringen, hier das verflochtene Mycelium bilden, von dem sich wieder die Sporen abschnüren, um über die Entwicklung der pilzlichen Parasiten vollständig aufgeklärt zu sein. Diese Entwicklungsweise wurde auch bald für die meisten derselben nachgewiesen.

Bei den Synchytrien, die hier besprochen werden sollen, ist jedoch von dieser Art der Mycel- und Sporen-Bildung nichts wahrzunehmen. Ihre Sporen finden sich immer im Inneren von Zellen der Nährpflanze und nie ist ein Mycel zu sehen, von dem sie abgeschnürt sein könnten, ebenso wenig keimen sie zu einem Mycel aus. Hätte man sie in früherer Zeit gekannt, so würde man sich ihre Entstehung nicht haben anders deuten können als durch freie Zellbildung aus dem Safte ihrer Nährzellen, und sie würden noch lange der alten vorher erwähnten Lehre zur Stütze gedient haben. Als jedoch De Bary und Woronin im Jahre 1863 das erste Synchytrium entdeckten und in seiner Entwicklung genau verfolgten [1]), war die Kenntniss der parasitischen Organismen schon wieder weiter gefördert, wodurch es möglich wurde, den neuentdeckten Schmarotzern sogleich ihre richtige Stelle anzuweisen. Es war durch Alexander Braun eine Familie einfach organisirter chlorophyllfreier Parasiten an Wasserpflanzen entdeckt werden, die Chytridiaceen, von denen einzelne Species ebenfalls im Inneren der Zelle leben, von der sie sich nähren. Sie pflanzen sich durch Schwärmsporen fort, die sich in die Nährzelle einbohren. Hier schwellen sie zu einem sphäroidalen Körper an, dessen Inhalt bei der Fortpflanzung wieder vollständig in Schwärmsporen zerfällt.

Ganz so verhielt sich der neue Parasit, und das Ueberraschende bei seiner Entdeckung bestand besonders darin, dass er in grünen Landpflanzen vegetirt, während bisher die Chytridien nur als Bewohner des Wassers bekannt waren, für welches ihre ganze Organisation angepasst zu sein schien.

---

[1]) De Bary und Woronin. Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Chytridiaceen in den Berichten der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg. 1863.

Die Auctoren der citirten Arbeit hatten nur zwei Arten ihrer neuen Gattung Synchytrium aufgestellt: *Synchytrium Taraxaci* in *Taraxacum officinale* Web. und *Synch. Succisae,* in *Succisa pratensis* Mnch. lebend. Erst nach mehreren Jahren wurden einige neue Synchytrien hinzugefügt. Fuckel[1]) machte im Jahre 1866 ein *Synchytrium Mercurialis* bekannt, das in *Mercurialis perennis* vorkommt, und erklärte später einen von ihm unter dem Namen *Uredo pustulata* ausgegebenen Parasiten[2]) auf *Stellaria media* als ein *Synchytrium Stellariae.* Im Jahre 1868 zeigte Woronin[3]), dass der von De Candolle als *Sphaeria Anemones* und von ihm und De Bary als *Chytridium* (?) *Anemones* beschriebene Schmarotzer auf *Anemone nemorosa* L. ein echtes Synchytrium sei. Endlich entdeckte noch J. Kühn ein Synchytrium in *Myosotis stricta* Lk., das er *Synch. Myosotidis* nannte[4]).

Die Zahl der bekannten Synchytrien war dadurch auf 6 herangewachsen, ein deutliches Zeichen für das Interesse, welches einzelne Forscher dem Aufsuchen dieser einfachen Organismen zugewendet hatten. Im Allgemeinen sind sie indess sehr wenig bekannt, und es könnte dadurch der Glaube entstehen, sie bildeten eine nur selten und spärlich vorkommende Klasse von Pflanzen-Parasiten. Dies ist jedoch durchaus nicht der Fall. Seit einigen Jahren habe ich auf das Vorkommen dieser Schmarotzer geachtet und mit Unterstützung meines Freundes Dr. phil. Schneider, des eifrigen Sammlers und Herausgebers schlesischer Pilze und des Herrn Lehrer Gerhard in Liegnitz, sämmtliche bis dahin bekannte Formen aus Schlesien erhalten, und manche derselben sehr weit verbreitet gefunden. Auch traf ich ziemlich häufig Synchytrien auf solchen Nährpflanzen, wo sie früher noch der Beachtung entgangen waren, und auch diese neuen Arten waren, wie ich sah, nichts weniger als selten.

Die einfache Organisation dieser Parasiten macht das Studium ihrer Entwicklungsgeschichte verhältnissmässig leicht. Dennoch ist dieselbe bisher nur an zwei Arten *Synch. Taraxaci* und *Synch. Mercurialis* vollständig beobachtet worden. Ich hatte es mir zur Aufgabe gestellt an dem mir reichlich zu Gebote stehenden Material die Entwicklung der Schmarotzer so weit es mir möglich war zu verfolgen, und gebe im Folgenden die Resultate dieser Beobachtungen. Die Arbeiten hierüber

---

1) Fuckel. *Fungi rhenani* No. 1607.

2) *Fung. rhen.* No. 409.

3) Woronin. Neue Beiträge zur Entwicklungsgeschichte einiger Chytridieen. Botanische Zeitung 1868, No. 6 und 7.

4) L. Rabenhorst. *Fungi europaei exsiccati* No. 1177.

wurden im pflanzenphysiologischen Institut der Universität Breslau ausgeführt und ich verdanke dem freundlichen Interesse, welches Herr Professor F. Cohn an dem Fortgang derselben genommen hat, im Wesentlichsten ihre Förderung.

2. Ehe ich zu den einzelnen Species übergehe, muss ich einige gemeinsame Charaktere der Gattung *Synchytrium* kurz zusammenstellen. Die Schwärmsporenbildung geht in der für die Chytridiaceen gewöhnlichen Weise durch simultane Theilung des Protoplasmainhalts vor sich, dabei wird aber der einfache Typus der Chytridien um einen Schritt weiter geführt. Der Inhalt zerfällt nämlich nicht sofort in Schwärmsporen, sondern erst in eine Anzahl grösserer Tochterzellen, deren Inhalt sich erst in Schwärmsporen theilt. Die so entstandenen Sporangien, jedes für sich ein Chytridium repräsentirend, bleiben noch eine Zeit lang zu einer Kugel vereinigt, und dieser Eigenthümlichkeit wegen hat die Gattung den Namen *Synchytrium* erhalten.

Ausser den Schwärmsporen besitzen alle Synchytrien Dauersporen, grosse dickwandige Zellen, die sich am Ende einer Vegetationsperiode bilden, und für eine längere Ruhezeit, besonders während des Winters bestimmt sind. Jede Dauerspore bildet sich aus dem ganzen Inhalt eines Synchytriums, indem sich derselbe mit zwei Häuten umgiebt, von denen die äussere dick und braun, die innere zart und farblos ist. Diese Structur ist für die Dauersporen der Synchytrien characteristisch, und wenn man solche Sporen in dem Innern von Zellen lebender Pflanzen auffindet, kann man sie jedesmal für Synchytrien erklären, auch ohne die Bildung der Schwärmsporangien in der für *Synchytrium* bezeichnenden Weise direkt beobachtet zu haben.

Als ein gemeinschaftliches Merkmal der Synchytrien muss ferner die Einwirkung, die sie auf ihre Nährpflanze üben, angeführt werden. Im Ganzen richten sie in den Pflanzen, welche sie befallen, wenig Schaden an, ihr Einfluss erstreckt sich nur auf die Zellen in denen sie leben und die Nachbarschaft derselben. Durch diesen aber unterscheiden sie sich von vielen ihrer Verwandten. Die meisten Chytridien leben an oder in einer Zelle, saugen sie aus und tödten sie, üben aber keinen formgestaltenden Einfluss auf sie aus. Die einzige mir bekannte Ausnahme hiervon macht *Chytridium Saprolegniae* A. Br., welches an dem Theile der Saprolegniazelle, in dem es lebt, besonders am Ende des Fadens, grosse blasige Auftreibungen veranlasst. Die Synchytrien bedingen immer eine bedeutende Ausdehnung ihrer Nährzelle, und sehr häufig verursachen sie auch eine Wucherung des um diese liegenden Gewebes. Dadurch entstehen wirkliche Gallen, die sich von dem gesunden Pflanzengewebe oft wie dicke Knötchen abheben und solchen

Missbildungen auffallend gleichen, wie sie durch die Thätigkeit von Insectenlarven und anderen thierischen Schmarotzern auf den Pflanzen erzeugt werden.

Das Protoplasma der Synchytriumzellen ist entweder farblos, wodurch die Schmarotzer weiss erscheinen, oder es ist durch Oeltropfen gelb oder orangeroth gefärbt. Woronin hat diese Unterschiede benutzt, um die Synchytrien in zwei Gruppen zu theilen, die ausser in der Farbe des Protoplasmas auch in der Entwicklung der Schwärmsporen verschieden sind. Bei den weissen Synchytrien bilden sich diese aus den Dauersporen und zwar nicht auf der lebenden Pflanze, sondern erst nachdem diese abgestorben und die Dauersporen freigeworden sind, bei den anderen erstehen die Schwärmsporangienkugeln aus den Schwärmsporen auf der lebenden Pflanze.

3. Die Synchytrien der ersten Gruppe scheinen am häufigsten zu sein, es gehört dahin *Synchytrium Mercurialis* Fuck. und *Synch. Anemones* (DC) Wor., ausserdem einige später zu erwähnende Synchytrien. *Synchytrium Mercurialis* Fuck. schmarotzt auf Stengeln und Blättern von *Mercurialis perennis* L. In unseren Bergwäldern, wo diese Pflanze sehr häufig ist, bis in die Ebene und die Umgegend von Breslau herab, findet sich der Parasit überall an seinen Nährpflanzen nicht selten, in grösster Menge aber traf ich ihn namentlich an den Bergabhängen, in Schlesien z. B. in dem Fürstensteiner Grunde und in den Schluchten des Rummelsberges bei Strehlen. Da Fuckel denselben Schmarotzer im Nassauischen und Woronin bei Petersburg fand, scheint er eine grosse geographische Verbreitung zu besitzen.

Die Entwickelung dieses Synchytriums ist schon von Woronin lückenlos beobachtet und erschöpfend beschrieben worden, ich kann mich daher, in Hinweis auf dessen citirte Abhandlung in der botanischen Zeitung, begnügen, hier die wesentlichsten Punkte darüber zu referiren. Der Parasit zeigt sich zuerst an den ganz jungen Mercurialis-Pflanzen, welche im Beginn des Frühjahrs hervorspriessen. In dem jugendlichsten Zustande erkennt man ihn hier als weisse, von einer sehr feinen Membran umschlossene Protaplasmaklümpchen, die frei in einer anfangs noch nicht veränderten Epidermiszelle ruhen. Die Kugel nimmt an Grösse zu und umgiebt sich mit einer etwas festeren farblosen Haut. So wie sie heranwächst, wird ihre Nährzelle bedeutend ausgedehnt, auch die Nachbarzellen vermehren und vergrössern sich, und überwuchern jene als eine gallenartige Bildung. Für das blosse Auge gleichen diese Gallen hellen Perlen, die über den dunklen Blattgrund verstreut sind, bei mikroskopischer Betrachtung erscheinen sie auf den Blättern als gestielte becherförmige Wärzchen, an den Stengeln

gewöhnlich als halbkugelige Höcker; in der vertieften Mitte ruht der weisse Parasit. Bei reichlicher Einwanderung fliessen die Wärzchen zu einer unebenen Kruste zusammen, in welche die Synchytrien eingebettet liegen. Bei der Reife werden die Dauersporen dunkler, die Wärzchen fallen zusammen und bedecken als braune Kruste die knötchenartig aus dieser vorspringenden glänzend kastanienbraunen Sporen. Wenn diese isolirt werden, so erscheinen sie kurz elliptisch mit Durchmessern, die sich wie 2:3 oder wie 4:5 verhalten. Ihre Grösse ist sehr verschieden. Die grössten fand ich 0,17 mm. lang, 0,11 mm. breit, die meisten 0,14 bis 0,16 mm. lang und 0,09 bis 0,1 mm. breit, viele aber auch viel kleiner, 0,1 mm. lang und 0,08 bis 0,07 mm. breit. Sie enthalten einen gleichmässig feinkörnigen, mit farblosen Oeltröpfchen gemischten Protoplasmainhalt, der von einer farblosen dünnen inneren und einer dicken braunen äusseren Haut umschlossen wird. Die letztere ist meist glatt, bei den entleerten Sporen bemerkte Woronin oft an ihr spiralig gestellte Leisten. Ich habe bei den reifen Sporen auch leistenartige Verdickungen gesehen, die mir den Contouren der darüber lagernden Wärzchenzellen zu entsprechen schienen.

Auf der lebenden Pflanze findet sich nie ein anderer Entwicklungszustand des Parasiten als die Dauer-Sporen. Im Herbst, wenn ihre Nährpflanzen absterben, fallen diese mit ihnen auf den Boden und werden nach und nach durch Verwesung der Wärzchenzellen, in denen sie ruhen, frei. Im Frühjahr nach ihrer Ausbildung beginnt ihre weitere Entwickelung. Diese kann leicht verfolgt werden, wenn man abgestorbene Mercurialis-Pflanzen, die die Parasiten enthalten, mit öfter erneuertem Wasser übergossen im Zimmer beobachtet. Wie in der Natur, werden auch hier die Sporen von ihren Nährpflanzen befreit. Im Beginn des Frühjahrs sieht man, dass die Sporenmembran seitlich eine feine Oeffnung erhält, durch welche der Inhalt allmählich heraustritt. Er ist mit einer farblosen Membran umgeben, welche der inneren Sporenhaut fest anhaftet, daher hängt er auch, wenn er sich schon ganz entleert hat, der Spore fest an als eine weisse, mit feinkörnigem Inhalt erfüllte Kugel. Bald bilden sich in ihr durch simultane Theilung des Inhalts Tochter-Zellen, welche das Innere der Kugel ganz ausfüllen. Diese Tochterzellen sind Schwärmsporangien, sie treten endlich noch zu einer Kugel vereinigt aus ihrer Hüllmembran aus. In ihnen bilden sich hierauf ebenfalls durch simultane Theilung Schwärmsporen, die durch eine Oeffnung in der Membran aus den Sporangien ausschwärmen. Sie sind rundliche kleine Protoplasmaklümpchen mit einem farblosen Oeltröpfchen im Innern und einer langen Cilie an einem Ende, mittelst deren sie sich in hüpfender Bewegung

fortschnellen. Jede Schwärmspore kann sich in eine Mercurialiszelle einbohren und sich wieder zu einer Dauerspore ausbilden.

Bei den wildwachsenden Pflanzen bringt der Schmarotzer in der Regel kaum eine Störung in der gesammten Entwicklung hervor, sie bleiben kräftig, blühen und setzen Früchte an, wie gewöhnlich. Selbst die lokale Wirkung bleibt hier nur beschränkt; wenn die Wärzchen isolirt auftreten, bemerkt man an Stengeln und Blättern kaum eine Veränderung gegen die gesunden Pflanzen; wenn sie sehr dicht stehen, so werden die Blätter etwas kraus und eingerollt, der Stengel etwas verdickt. Dass der Parasit aber auch in einer gefährlicheren Weise auftreten kann, hatte ich im Breslauer botanischen Garten Gelegenheit zu beobachten. Hier kommt *Mercurialis perennis* sehr häufig vor, besonders ist es in vielen vereinzelten Gruppen durch den parkartigen Theil desselben verbreitet, die Pflanzen gedeihen hier sehr üppig und sind ganz frei von dem Synchytrium, dieses findet sich nur auf einer kleinen Partie von Merc.-Pflanzen, die in der Abtheilung der officinellen Pflanzen cultivirt werden. Diese Isolirung ist ein interessantes Beispiel für die Art und Weise, wie sich die Synchytrien weiter verbreiten. Uredineen, Peronosporeen und andere Schmarotzer-Pilze mit leicht durch den Wind transportabelen Conidien können sich schnell auf weite Strecken hin ausbreiten, die Synchytrien können nur allmählich um sich greifen, weil die in der Nähe der zuerst befallenen Pflanzen liegenden Dauersporen nur die nächsten Nachbarn derselben mit ihren Schwärmsporen inficiren können. In grössere Entfernung können sie nur von Pflanze zu Pflanze, durch eine zusammenhängende Brücke gleichartiger Nährpflanzen übertragen werden. Nur wenn die Dauersporen aus dem Boden aufgewühlt und mit Wasserströmen forgeführt werden, können sie auch auf grössere Entfernung hin wirken. Diese Gelegenheit findet sich z. B. an Bergabhängen, wenn im Frühjahre der plötzlich thauende Schnee den Boden in tiefen Rinnen aufreisst und mit sich fort trägt, oder auf Wiesen, die den Frühjahrs-Ueberschwemmungen ausgesetzt sind.

Hier konnte der Parasit die Grenzen des kleinen Beetes nicht überschreiten, dafür fand er sich aber dort in der grössten Menge. Jedenfalls war er auf einer oder ein Paar Pflanzen eingeschleppt worden, hatte sich vermehrt, und allmählich, da er sich nicht auf grössere Entfernung zerstreuen konnte, alles Erreichbare in verstärktem Grade inficirt. Schon im Jahre 1868 fand ich hier an fast jedem Exemplare reichliche Synchytrien, im Jahre 1869 war aber die Vermehrung noch viel weiter fortgeschritten. Die Stengel der im ersten Frühjahr hervorbrechenden Pflanzen waren dicht von einer dicken, höckerigen,

glasartigen Kruste umzogen, die sich im Laufe der Zeit in flügelartigen Leisten abhob, die weit den Stengel herabliefen und auf beiden Seiten dicht mit den weissen Körnchen des unreifen Parasiten übersät waren. Die Blätter erschienen fast gänzlich eingerollt und verschrumpft, und überall mit den schimmernden Höckerchen, wie mit feinem Kiessande überstreut. In diesem Zustande entwickelten sich die Pflänzchen äusserst kümmerlich, blühten wenig und starben bald ab, so dass Ende September auf dem Beete nur noch wenige Exemplare zu finden waren, und zwar waren dies solche Stengel, die erst nach beendigter Einwanderung des Parasiten aufgeschossen waren. In den anderen Theilen des Gartens standen um dieselbe Zeit die Mercurialis-Pflanzen noch kräftig und üppig. Hier hatten wir also das Beispiel einer durch die kleinen Schmarotzer verursachten verderblichen Pflanzenepidemie, die voraussichtlich die ganze isolirte Colonie ihrer Nährpflanzen zerstören wird, wenn sie sich noch einige Jahre hintereinander in gleicher Heftigkeit wiederholt.

4. Der zweite Repräsentant dieser Gruppe ist *Synchytrium Anemones* (DC) Wor., das in Schlesien, wahrscheinlich aber auch in ganz Deutschland, das häufigste Synchytrium ist. Es kommt auf *Anemone nemorosa* L. ganz allgemein verbreitet vor, ist aber nicht auf diese Nährpflanze beschränkt, sondern findet sich auch auf *Anemone ranunculoides*. Die Aehnlichkeit beider Pflanzen veranlasste mich, auf der letzteren oft nach dem Parasiten zu suchen; es gelang mir indess nicht, ihn dort anzutreffen; im vorigen Frühjahr hat jedoch Herr Lehrer Gerhard in der Umgegend von Liegnitz auf den Blättern von *A. ranunculoides* Synchytrien gefunden und mir mittheilen lassen, die sich in nichts von dem gewöhnlichen *S. Anemones* unterscheiden.

Der Schmarotzer liebt besonders solche Pflanzen, die an feuchten Waldstellen, in schattigem Gebüsch wachsen, und an solchen Orten wird man nie vergeblich nach ihm suchen. In der Umgegend von Breslau findet er sich z. B. überall in den Wäldern bei Oswitz, Schottwitz, Lissa, Canth etc. An solchen Anemonen indess, die an frei gelegenen Stellen, besonders etwas trockneren Wiesen wachsen, habe ich die Synchytrien nie gefunden.

Man erkennt die Parasiten als kleine schwarze Knötchen, welche das Ansehen einer kleinen Sphärie haben, und daher früher auch für eine solche angesehen worden sind. Der Einfluss, den sie auf die Nährpflanzen ausüben, ist sehr gering und in charakteristischer Weise von dem anderer pilzlicher Schmarotzer verschieden, die mit ihrem Mycel diese Pflanze durchdringen. Die Anwesenheit von *Urocystis pompholigodes* ist schon lange vorher zu erkennen, ehe seine Sporen

die Oberhaut durchbrechen. Die Blattstiele, in denen er wuchert, sind verkrümmt und werden zu dicken Wülsten aufgetrieben, die Blattspreiten bleiben verkümmert, die ganze Pflanze gedeiht äusserst spärlich und stirbt bald ab. *Puccinia* und *Anemone* verändern ebenfalls das Ansehen der ganzen Pflanze: die Stiele der Blätter, die ihr Mycel durchzieht, sind länger als normal, die Blattzipfel schmal, die ganze Blattspreite schon lange ehe der Pilz hervortritt durch ein blasses, fettglänzendes Ansehen charakterisirt. Das Synchytrium ist hingegen der gutartigste der verschiedenen auf *Anemone* vorkommenden Parasiten. Er stört die Gesammtentwicklung der Pflanze in keiner Weise, und bringt selbst nur sehr geringe Localwirkungen hervor. Am Stengel erscheint er nur als dunklerer Punkt in kleinen hyalinen Wärzchen, am Blatt unter der Form der erwähnten schwarzen Knötchen, und nur wenn diese sehr dicht stehen, wird die Spreite des Blattes etwas verbreitert und blasig verunebnet, der Rand zuweilen etwas eingerollt. — Nicht selten findet sich das Synchytrium mit einem oder dem anderen der beiden vorher genannten Schmarotzer auf demselben Blatte, ich fand sogar im Frühjahr 1868 einige Wurzelblätter der *Anemone nemorosa* von allen dreien angegriffen. Die Blattstiele und Blattrippen waren durch *Urocystis* stark verunstaltet, aufgetrieben und verkrümmt, die sehr verkümmerte Spreite war von *Puccinia* in dichten Häufchen besetzt, und auf dem kleinen Rest gesunden Gewebes, besonders an den Blatträndern, sassen die schwarzen Knötchen des Synchytriums.

Die erste Entwicklung des Parasiten ist von De Bary und Woronin beobachtet worden[1]). Sie fanden, dass er ebenfalls zuerst in einer Epidermiszelle als zarthäutige, weisse Kugel ohne Spur eines Myceliums auftritt. Er wächst durch gleichmässige Anschwellung und dabei vergrössert sich die Nährzelle, die Nachbarzellen umwuchern sie und bilden um sie ein halbkugeliges Wärzchen. Der Zellsaft der Wärzchenzellen färbt sich in der Regel dunkelviolett, und durch diese Färbung erscheint die ganze Wucherung für das unbewaffnete Auge schwarz. Woronin verfolgte[2]) die Ausbildung dieser chytridienartigen Gebilde etwas weiter. Er fand, dass sie später von einer braunen Haut umgeben werden, dass dann die Nährzelle zusammenfällt und den Parasiten als eine dicke braune Kruste umhüllt. Weicht man diese in Kalilösung auf, so tritt die reife Spore heraus. Sie ist gewöhnlich kugelig und besteht aus einem weissen Protoplasmainhalt, umge-

1) l. c. p. 26 ff.
2) Bot. Ztg. 1868 p. 100.

ben von zwei Häuten, einer äusseren, dicken, braunen, die auf ihrer Oberfläche etwas warzig ist, und einer dünnen, farblosen inneren Haut.

Diese Bildung entspricht ganz der, welche die Dauersporen von *Synch. Mercurialis* zeigen, und es ist nicht zu bezweifeln, dass sich aus ihnen nach Ablauf einer gewissen Ruhezeit, in derselben Weise wie bei jenen, Schwärmsporen bilden werden. Diese Entwicklung ist indess noch nicht beobachtet worden, und es ist nicht zu leugnen, dass sich der weiteren Beobachtung des Parasiten ganz besondere Schwierigkeiten entgegensetzen. Es gehört dazu ein grösseres Material der Synchytrien, das sich wegen der kurzen Vegetationszeit der Nährpflanze nur schwer beschaffen lässt. Die Sporen müssen ganz reif eingesammelt werden, sie sind es aber erst, wenn auch die Blätter welk sind, und dann sind diese braun und unkenntlich, legen sich auf den Boden und verschwinden in wenigen Tagen. Durch Cultiviren befallener Pflanzen in Töpfen oder im Garten lassen sie sich am besten gewinnen, aber auf diese Weise lässt sich nicht leicht eine etwas grössere Menge von Sporen zusammenbringen. Hat man sie eingesammelt, so bereitet die Behandlung, die man ihnen während ihrer langen Ruhezeit zukommen lassen soll, neue Bedenken. Die Beobachtung an Sporen anderer Art lehrt nämlich, dass die Ruhezeit keineswegs immer nur eine Periode des Stillstandes ist, die man dadurch nachahmen kann, dass man die Sporen an einem trockenen Orte aufbewahrt. Es zeigt sich das deutlich an vielen Sporen von *Puccinia, Phragmidium* etc. Wenn man sie im Spätherbst einsammelt, den Winter über im Zimmer aufbewahrt und dann im Frühjahr in einen feuchten Raum bringt, ist es oft unmöglich, sie zum Keimen zu bringen, wenn man sie aber erst am Ende des Winters einsammelt, keimen sie sofort aus. Es scheint also, dass diese Sporen während ihrer scheinbaren Ruhe eine gewisse Wachsthumsperiode durchmachen, in der sie durch den Einfluss natürlicher Agentien, wie Temperatur und Feuchtigkeitseinflüsse, eine Reihe von Umwandlungen eingehen, die sie erst für eine weitere Entwickelung befähigen. — Sind dieselben Bedingungen für *Synch. Anemones* massgebend, so müssen seine Dauersporen, um sich weiter zu entwickeln, bei künstlicher Cultur dieselben Verhältnisse finden, wie im Freien. Wenn sie im reifen Zustande mit den Blättern auf den Boden gefallen sind, verwest die Blattsubstanz und die Sporen liegen frei in der Erde, dem Wurzelstock der Nährpflanze nahe. Ende Mai, spätestens Anfang Juni, mögen sie der Regel nach in den Boden gelangen, und müssen hier bis zum nächsten Frühjahre ruhen, dem Einflusse der Luft und der Witterung ausgesetzt. Soll dieses nachgeahmt werden, so bleibt nichts übrig, als die mit reifen

Sporen eingesammelten Blätter in Töpfen in die Erde einzugraben, den Sommer, Herbst und Winter im Freien zu lassen und erst im nächsten März oder April hervorzuholen, um auf ihre weitere Entwicklung zu warten, eine zwar etwas langwierige, aber nicht unausführbare Aufgabe.

5. Im Frühjahre 1869 fand ich auf einer feuchten Wiese hinter Scheitnig bei Breslau an *Viola canina* L. und *Viola persicifolia* Schk. *var. pratensis* einen Parasiten, der den beiden vorigen sehr nahe steht und den ich als *Synchytrium globosum* hierherstellen will. An den Blättern obiger Pflanzen bemerkte ich nämlich nicht selten kleine perlenartige Knötchen. Sie fanden sich vorzugsweise an den unteren Blättern, besonders auf der Rückseite und an den Blattstielen, und da wo sie etwas dichter standen, waren die Blattrippen wulstig aufgetrieben, das Blatt selbst kraus und oft vollkommen eingerollt. Ebensolche Wärzchen standen an dem Stengel und am dichtesten sassen sie an dem unteren Theile desselben, der von lockerem Rasen und Moos umhüllt war, sie überzogen ihn dort als eine höckerige, krystallartige Kruste, aus der kleine graue Pünktchen durchschimmerten. Einen weiteren als den eben geschilderten Einfluss übten auch hier die Parasiten auf ihre Nährpflanzen nicht aus, diese bildeten vielmehr eben so kräftige Stöcke wie ihre gesunden Nachbarn und blühten reichlich. Während die beiden Veilchenarten auf der ganzen Wiese überall häufig vorkamen, waren sie nur auf einem kleinen Theile derselben von dem Parasiten befallen. Dieser Fleck nahm ziemlich die tiefste Stelle der Wiese ein, lehnte sich an einer Seite an einen Graben an und erstreckte sich etwa 40 Schritt in die Länge und 10 Schritt in die Breite. Ich habe ihn noch häufig aufgesucht und das Synchytrium bis in den späten Herbst hinein hier beobachtet. Die Wärzchen auf den Blättern und am oberen Theile des Stengels vertrockneten während des Sommers bald, an ihrer Stelle erschien eine mit glänzenden Knötchen besetzte braune Kruste. An den unteren Stengeltheilen blieben die Wärzchen bis in den September blass und durchscheinend, aber in ihrem Innern machte sich ein dunkelbrauner Kern bemerkbar.

Bei der mikroskopischen Untersuchung konnte ich die Entwicklung des Schmarotzers bis auf ziemlich frühe Zustände zurück verfolgen. Ich fand in manchen Epidermis-Zellen der Blätter, die nur wenig über die normale Grösse ausgedehnt waren, die weissen von sehr zarter Membran umschlossenen Protoplasmakugeln, die schon mehrfach als jugendliche Formen der Synchytrien erwähnt worden sind. In späteren Stadien waren die Parasiten vergrössert, so dass sie die Nährzelle beinahe ausfüllten, die Nachbarzellen fingen an ebenfalls zu schwellen und

jene etwas zu überdecken. In noch späteren Zuständen war die Nährzelle wieder bedeutend mehr ausgedehnt als der Parasit, die Wucherung des benachbarten Gewebes hatte zugenommen, bis endlich die Wärzchen ihre grösste Entwicklung erlangt hatten. Die fertigen Wärzchen sind halbkuglig, auf ihrem Scheitel findet sich eine Einsenkung. Auf einem centralen Durchschnitt bemerkt man, dass die Mitte von der grossen angeschwollenen Nährzelle eingenommen wird. Ein kleiner Theil derselben liegt frei in der erwähnten Vertiefung, nach unten ist sie in das Blattparenchym eingesenkt und seitlich von den Nachbarzellen überwuchert. Letztere liegen oben in zwei, gegen den Grund zu in zwei und drei Lagen, haben dicke Wände und einen farblosen wässerigen Inhalt, ihre Grösse ist sehr verschieden, gewöhnlich übertreffen sie aber in ihrem Durchmesser die normalen Epidermiszellen um das zwei- bis dreifache. Der Parasit ruht frei in seiner Nährzelle, die er bei vollendetem Wachsthum etwa zur Hälfte ausfüllt, er ist kugelig im Jugendzustande bei auffallendem Lichte weiss, bei durchfallendem fast undurchsichtig schwarz, und besteht aus einer farblosen Haut und einem aus feinen Körnchen und vielen farblosen, stark lichtbrechenden Tröpfchen, gemischten Inhalt. — Am Stengel erreichen die Wärzchen oft 1 $^{mm.}$ Höhe und Breite, am Blatte bleiben sie flacher und kleiner. Gewöhnlich enthält jedes nur einen Parasiten. Wenn diese sehr dicht bei einander stehen, wie ich es besonders an den Blattstielen oft gesehen habe, wo manchmal in einer ganzen Strecke jede Zelle von ihnen ergriffen war, finden sich wohl auch zwei, und selbst drei Schmarotzer in einer Nährzelle. Bei so dichter Einwanderung kommt es dann auch nicht zur Wärzchenbildung, sondern die Nährzellen werden nur etwas ausgedehnt, und ihre obere Wand über die normale Epidermis vorgewölbt. — Wenn der Parasit seiner Reife entgegengeht, stirbt gewöhnlich seine Nährzelle ab, sie trocknet mit ihrem Inhalt zusammen und legt sich als braune Kruste dicht um die Spore herum. An den Blättern und Blattstielen schrumpfen dann gewöhnlich auch die Wärzchen ein, und es erscheint dann auf der Pflanze nur eine dünne braune Kruste. Am unteren Theile des Stengels erhalten dagegen die Wärzchen lange ihre Gestalt. Auf einem Durchschnitt (Taf. I. f. 1) sieht ein solches einer durch den Stich eines Insekts entstandenen Galle, in der ein Ei ruht, nicht unähnlich. Der kugelige Parasit wird von einer dunkelkastanienbraunen Masse umschlossen, die ungefähr eiförmige Gestalt hat und mit ihrer Spitze frei in dem vertieften Scheitel des Wärzchens liegt. Präparirt man den Parasiten mit seiner Hülle heraus, so erscheint er als dunkelbrauner, unregelmässig höckeriger, fast undurchsichtiger Klumpen. Durch Zusatz von Aetzkalilösung wird

er etwas durchsichtiger, so dass man die Spore durchschimmern sieht. Durch gelinden Druck und Verschieben lässt sich die braune Kruste jetzt leicht sprengen, und die Dauersporen werden frei. Diese sind bei auffallendem Lichte hellgelb, bei durchfallendem hellbraun. Sie sind immer ganz glatt und da, wo sie sich einzeln in den Nährzellen entwickelt haben, besonders am Stengel kugelrund, an den Blattstielen mitunter etwas elliptisch, und da, wo sie sich zu zwei oder drei in einer Zelle finden, an den Berührungsstellen abgeplattet. Am Stengel, wo sie am grössten werden, erreichen sie ziemlich gleichmässig einen Durchmesser von 0,14 bis 0,17 mm., an den Blättern dagegen variirt ihre Grösse bedeutend. Wenn hier die Wärzchen entfernt von einander gestanden haben, halten sie gewöhnlich auch die obigen Masse ein, wenn aber eine reichlichere Einwanderung stattgefunden, so dass sie dichter an einander sassen, bleiben sie viel kleiner und haben oft nur 0,06 und 0,08 mm. im Durchmesser. — Bei vorsichtigem Zerdrücken springt die äussere Haut der Dauerspore mit scharfem glatten Risse, und sie zeigt sich als hornartige, dicke, glatte, hellbraune Membran. (Taf. I. f. 2.) In ihr liegt ein Körper, welcher der unreifen Spore in allen Stücken gleich ist, er hat wie diese eine wasserhelle, zähe, dünne Hüllmembran und einen weissen, grösstentheils aus farblosen Oeltröpfchen bestehenden Inhalt.

Durch die geschilderte Entwicklung und Structur ist der Parasit den Dauersporen von *Synch. Anemones* und *S. Mercurialis* so ähnlich, dass ich von Anfang an kein Bedenken getragen habe, ihn für ein Synchytrium zu betrachten; ich hatte aber noch in vorigem Herbst Gelegenheit, mich durch seine weitere Entwickelung von der Richtigkeit meiner Vermuthung zu überzeugen.

Ich suchte Ende October vorigen Jahres noch einmal nach den Synchytrien und fand sie auch bei einer Anzahl Veilchenstöcke am Grunde des Stengels noch vor. Jetzt waren auch hier die Wärzchen ganz geschrumpft, und die schwarzbraunen Klumpen, welche die Sporen enthielten, lagen locker darin; sehr oft waren sie sogar herausgefallen, denn viele Wärzchen, die ich nach dem Einweichen der Stengel in Kalilösung noch deutlich als solche erkennen konnte, waren entleert. — Die Stöcke wurden mit frischem Wasser übergossen und im geheizten Zimmer stehen gelassen. Schon nach 24 Stunden sah ich an vielen Sporen, während sie noch lose in den Wärzchen ruhend an den Stengeln hafteten, eine Weiterentwicklung eintreten. An einer Stelle, wo die Spore am wenigsten von ihrer Hülle verdeckt zu sein schien, gewöhnlich an einer der Langseiten, zeigte sich an dem braunen Klumpen ein weisses Tröpfchen. Schnell vergrösserte sich das-

selbe und wurde zu einer Kugel, die die Grösse der in dem braunen Klumpen ursprünglich eingeschlossenen Spore erreichte. Wenn dies geschehen war, sah man, dass die Mitte des Klumpens, die vorher undurchsichtig gewesen, ganz hell und durchsichtig geworden war, der Inhalt der Spore war also in Form der weissen Kugel herausgetreten. Sie hing fest an dem Sporenballen an und war nach vollendeter Ausbildung meist nicht ganz regelmässig, sondern etwas elliptisch, und gegen ihre Ansatzstelle hin abgeplattet.

Sie war von einer ziemlich starken farblosen Membran umgeben, und von einem sehr dichtkörnigen Protoplasma erfüllt. Beim Zusatz von Jod erhielt die Haut eine rosenrothe, durch Jod und Schwefelsäure sofort eine lebhafte violette, etwas in's Bräunliche spielende Farbe. Es war nicht leicht, die Dauersporen aus ihren Hüllen heraus zu präpariren, wenn dies gelang, zeigten sie sich jetzt vollkommen durchsichtig, sie hatten aber ihre Form erhalten und waren mit wässeriger Flüssigkeit gefüllt. Das dicke Episporium war von einer feinen Oeffnung durchbohrt und konnte sowohl von der inneren Haut, als von der der ausgetretenen Kugel losgesprengt werden, die innere Haut hing mit letzterer fest zusammen und bei dem Losreissen blieben meist an der Trennungsstelle Fetzen derselben hängen, die die erwähnte violette Färbung annahmen. Die ursprünglichen Sporenhäute werden durch diese Reagentien nicht gefärbt. Der rosenrothe Hof, den Woronin an der Mündungsstelle der inneren Sporenhaut bei *Synch. Mercurialis* nach Jod- und Schwefelsäurezusatz eintreten sah, rührte gewiss daher, dass an ihr ein Rest der neugebildeten Membran haften bleibt. Sehr bald zerfällt der Protoplasmainhalt der Kugel, während sie noch fest an der Spore befestigt ist, in eine grosse Anzahl Tochterzellen. (Taf. 1. f. 3.) Die Theilung scheint simultan stattzufinden, denn ich konnte auch hier, wie es schon von *Synch. Mercurialis* und *S. Taraxaci* angegeben ist, nie Zustände auffinden, in denen das Protoplasma in zwei oder nur wenige Portionen getheilt war, wodurch man auf eine succedane Zweitheilung zu schliessen berechtigt gewesen wäre. Nach der Theilung zerreisst die Mutterzelle an ihrem Scheitel unregelmässig und die Tochterzellen treten aus. Sie bleiben gewöhnlich vereinigt und schwimmen als weisse Kugel, die jetzt durch das Vorwölben der Zellwände auf ihrer Oberfläche regelmässig warzig erscheint, auf dem Wasser herum. Die Kugeln sind aus einer sehr wechselnden Zahl von Zellen zusammen gesetzt, sie schwankt natürlich nach der Grösse der Sporen, aus denen sie sich gebildet haben, ich fand gegen 150 bis 200 in einer Kugel. Zerdrückt man diese, so findet man, dass der Raum zwischen den einzelnen Zellen durch eine feine wasserhelle Substanz

ausgefüllt wird, die nach dem Austreten der Zellen als zartes scharf gezeichnetes Maschenwerk zurückbleibt. Die Gestalt der einzelnen Zellen ist im Allgemeinen kugelig oder kurz elliptisch mit Durchmessern von 0,0145 bis 0,019 mm. In der Kugel haben sich ihre Seiten durch den wechselseitigen Druck vielfach abgeplattet, die reine Kugelform der Zellen wird dadurch vielfach verändert und sie erscheinen in der Flächenansicht durch Bogenstücke begrenzt, die sich in mehr oder weniger scharfen Ecken treffen (Taf. I. f. 4); einzelne werden sogar sehr unregelmässig, polyedrisch, wurmförmig langgestreckt, und erreichen dadurch mehr als die doppelte Länge der meisten anderen Zellen. Die Membran derselben ist ziemlich dick, wasserhell, der Inhalt weiss, bei durchfallendem Licht leicht gelblich gefärbt. Jod und Schwefelsäure färben weder die Membran, noch die Zwischensubstanz, der Inhalt wird dadurch gelbbräunlich, und meist tritt dabei ein Tropfen farblosen Oels aus ihm heraus.

Diese Zellen sind Schwärmsporangien. Ich sah in vielen derselben die Bildung der Schwärmsporen eintreten, die sich von der bei *Synch. Mercurialis* beschriebenen in Nichts unterschied. Der grössere Theil der Sporangien ging indess ohne weitere Entwickelung zu zeigen zu Grunde. Offenbar ist der Herbst nicht die richtige Zeit für die Ausbildung der Schwärmsporen, sondern diese wird wohl in den ersten Frühlingstagen erfolgen. Ich versuchte die jungen Triebe der Viola-Pflanzen, die im Herbst schon vollständig vorgebildet sind, durch die Schwärmsporen zu inficiren, erreichte damit aber nichts. Nach den Resultaten, die de Bary und Woronin bei der Inficirung von *Taraxacum* durch Synchytriumschwärmsporen erhielten, konnte mich dies nicht überraschen, denn auch damals hatte es sich herausgestellt, dass die ganz jungen Blätter ebensowenig inficirt wurden wie die alten. Solche Blätter, die eben in der Enfaltung begriffen sind, wie sie von den Synchytrien befallen werden, fehlen im Herbst an den Veilchenstöcken, die Einwanderung konnte also nicht zu Stande kommen.

6. In *Adoxa Moschatellina* L. lebt ein anderer Verwandter dieser Schmarotzer. Ich fand seine ausgebildeten Dauersporen schon im Winter 1868 an Adoxa-Blättern, die zu Skarsine bei Trebnitz gesammelt und mir von Herrn Dr. Schneider zur Untersuchung mitgetheilt worden waren. Schon damals wurde es uns sehr wahrscheinlich, dass wir ein Synchytrium vor uns hatten, durch die sparsamen getrockneten Exemplare, in denen namentlich über das Vorhandensein oder Fehlen des Myceliums keine Gewissheit zu erlangen war, liess sich indess noch keine sichere Bestimmung treffen. Durch diese Mittheilung aufmerksam gemacht, untersuchte ich im vergangenen Frühjahr die Adoxa-

Pflanzen genauer und fand sie auch in den feuchten Wäldern der Umgebung von Breslau, z. B. bei Canth, Sibyllenort etc., ziemlich oft mit den Parasiten besetzt. Auch in der Umgegend von Liegnitz sind sie mit ihren Synchytrien eingesammelt worden. Die Missbildungen auf der lebenden Pflanze sind denen sehr ähnlich, welche auf *Viola* durch das Synchytrium verursacht werden. Es sind halbkugelige Hervorragungen mit einer centralen Depression, kleinen farblosen Glasperlen an Gestalt und Grösse ähnlich. In dieser Form standen sie an den Stengeln, den Blättern, besonders an der unteren Seite derselben und an den Blattstielen, meist vereinzelt und weit von einander entfernt. Im unteren scheidenartigen Theile des Blattstieles fand ich sie zuweilen in grösserer Menge, sie hatten dann keine Wärzchen gebildet, sondern nur die Oberhaut etwas gehoben, aus der sie als feine weisse Pünktchen hervorschimmerten. Die Nährpflanzen gediehen immer in ganz normaler Weise.

Die mikroskopische Structur der Wärzchen ist der der Synchytrium-Gallen auf *Viola* ganz gleich. Der Parasit ruht in einer sehr erweiterten Epidermiszelle, die im Scheitelpunkt des Wärzchens frei liegt, und im Uebrigen von einer Wucherung der Nachbarzellen umhüllt wird. Manchmal hatte sich der Schmarotzer in einer von den, der Oberhaut zunächst gelegenen Parenchymzellen ausgebildet, diese war dann ebenfalls sehr ausgedehnt und die Epidermis etwas emporgehoben, eine Wucherung der Nachbarzellen war aber hierdurch nicht entstanden. An Blattspreite und Stengel fand ich immer nur einen Parasiten in einer Nährzelle, an dem unteren Theile des Blattstieles aber oft zwei, drei und mehr, bis zu acht. In ihrer Structur gleichen sie ganz den bisher beschriebenen Synchytrien, sie bestehen im unreifen Zustande aus weissem Protoplasma, von einer zarten farblosen Haut umschlossen, reif werden sie von einer zarten inneren farblosen und einer dicken hornartigen äusseren Membran umhüllt. Letztere ist ganz glatt und bei auffallendem Lichte hell ochergelb, bei durchfallendem Lichte bräunlich. Gewöhnlich sind die reifen Sporen noch in eine bräunliche Masse eingebettet, die sich fest an sie anschliesst und in den langgestreckten Epidermiszellen des Blattstiels von ihnen als spindelförmige Verlängerung in die Spitzen dieser Zellen ausläuft, diese Masse besteht offenbar aus dem eingetrockneten Inhalt der Nährzelle.

Von seinen Verwandten unterscheidet sich dieses Synchytrium, das ich hier als *Synch. anomalum* aufführen will, besonders durch die sehr wechselnde Grösse und unregelmässige Gestalt seiner Dauersporen. In den Wärzchen des Stengels sind sie meist lang elliptisch, so dass sich ihre Durchmesser wie 1 zu 2, selbst wie 1 zu 3 verhalten, sehr

oft sind sie unsymmetrisch, auf einer Seite abgeflacht, selbst bohnenförmig gebogen (Taf. I. fig. 5), ihre Durchmesser schwanken zwischen 0,04 zu 0,12 und 0, 1 zu 0,21 mm. Auf den Blättern sind sie bei dichterem Stande der Wärzchen kleiner, kurz elliptisch, ihre Durchmesser variiren hier gewöhnlich von 0,06 zu 0,08 bis 0,07 zu 0,1 mm. Am Blattstiele sind sie ebenfalls lang elliptisch, oft fast cylindrisch, den Wänden der Nährzelle dicht anliegend (Taf. I. f. 6). In den Zellen der Blattscheiden, wo sich meist viele Parasiten in einer Zelle entwickelt hatten, waren sie am unregelmässigsten, bald kugelig, bald elliptisch oder eiförmig, selbst bohnen- und nierenförmig, sie waren hier am kleinsten und hatten zuweilen nur 0,021 bis 0,013 mm. im Durchmesser (Taf. I. f. 7). Die Weiterentwicklung der Sporen habe ich nicht verfolgt.

7. Ich komme jetzt zu der zweiten von Woronin aufgestellten Gruppe, welche die Synchytrien enthält, deren Protoplasma orangeroth gefärbt ist, und deren Schwärmsporangien sich im Sommer auf der lebenden Nährpflanze bilden, es sind dies *Synch. Taraxaci, S. Succisae* und *Synch. Stellariae.*

Synch. Taraxaci De By. et Wor. bildet orangerothe Knötchen an *Taraxacum officinale* Web. Die Parasiten finden sich an den Blättern, dem Blüthenschaft und den Blättchen der Blüthenhülle, sie stören das Wachsthum der ganzen Pflanze in demselben geringen Maasse wie die anderen Synchytrien, die befallenen Blätter werden bei einigermassen reichlicher Einwanderung etwas verdickt, ihre Ränder wulstig verbogen und eingerollt. Durch diese Einwirkung, sowie durch das gleichzeitige Auftreten am Blüthenschafte, werden die Schmarotzer sofort von den im ungeöffneten Zustande ihnen etwas ähnlichen Aecidien, die auf derselben Pflanze vorkommen, unterschieden. Denn diese kommen nicht am Schafte und in der Blüthenhülle vor, und bewirken, wenn sie, wie es meist der Fall ist, in einem kleinen Kreise vereinigt stehen, höchstens eine blasige Auftreibung der erkrankten Stelle, nie eine Verkrümmung und Verdickung des ganzen Blattes. Den Angaben seiner Entdecker nach ist das Synchytrium im Südwesten Deutschlands sehr häufig, bei uns scheint dies nicht der Fall zu sein, ich fand es, trotzdem ich ihm sehr sorgfältig in der Ebene und in dem schlesischen Gebirge nachgespürt habe, nur ein Paar mal in feuchten Wäldern der Breslauer Umgegend, bei Tschechnitz und Canth, und auch dort nur in wenigen Exemplaren. Nach der erschöpfenden Schilderung, welche De Bary und Woronin in ihren ersten Beiträgen von der Entwicklung dieser Schmarotzer gegeben haben, konnte ich dieselben leicht verfolgen; in Verweisung auf die citirte Schrift will ich jedoch hier nur die wesentlichsten Punkte aus ihrer Entwicklungsgeschichte anführen. Sie

zeigen sich zuerst als kleine zartwandige, in der Mitte rothgefärbte Protoplasmakügelchen in einer Epidermiszelle der Nährpflanze. Bei ihrem Heranwachsen zu einem grossen kugeligen oder ellipsoiden Körper füllen sie die Nährzelle allmählich aus, veranlassen darauf eine starke Ausdehnung derselben und eine Wucherung der Nachbarzellen, die als halbkugeliges Wärzchen die Nährzelle des Parasiten umgiebt. Der Inhalt desselben ist nun gleichmässig orangeroth gefärbt und besteht aus farblosen Protoplasmakörnchen und rothgelben Oeltröpfchen, die farblose Membran ist stärker geworden, aber immer noch leicht zerreisslich. Nach vollendetem Wachsthum zerfällt der Inhalt durch simultane Theilung in eine sehr wenig constante Zahl von Tochterzellen, die durch den gegenseitigen Druck in ihrer Mutterzelle eine unregelmässig polyedrische Gestalt annehmen, eine dicke farblose Membran und feinkörnigen orangerothen Inhalt besitzen. Am schönsten und leichtesten sieht man diese Theilungen bei denjenigen Synchytrien, welche sich in den langgestreckten Epidermiszellen des Schaftes entwickeln; hier bilden sie sich zu lang ovalen oder spindelförmigen, meist ziemlich flachen Körpern aus und veranlassen oft gar keine Wucherung der Nachbarschaft, so dass sie, nur von der Membran der Nährzelle bedeckt, leicht übersehen werden können. Die bei der Theilung gebildeten Tochterzellen liegen am Rande, oft auch durch den ganzen Körper, nur in einer Schicht und ihre Grenzen sind ohne weiteres zu erkennen, treten aber nach dem Zusatz von Glycerin, durch welches der Inhalt kontrahirt wird, noch deutlicher hervor. Der so zusammengesetzte Körper ist wieder der Sporangienhaufen, die einzelnen Tochterzellen die Sporangien, in denen sich noch auf der lebenden Pflanze die Schwärmsporen bilden. Legt man einen Theil derselben in Wasser, so gruppirt sich der rothe Inhalt der Sporangien in einzelne Portionen und zerfällt in Schwärmsporen, diese treten durch eine Oeffnung der Membran, die vorher durch einen Gallertpfropf verstopft war, aus. Es sind farblose Kügelchen, etwa 0,003 $^{mm.}$ im Durchmesser, in ihrer Mitte mit ein oder zwei rothen Oeltröpfchen, an einem Ende mit einer langen Cilie versehen. Wenn sie auf Taraxacum-Blätter gebracht werden, die schon völlig entfaltet, aber noch nicht zu alt sind, bohren sie sich in die Epidermiszellen derselben ein und wachsen wieder zu Synchytrien heran. Die Bildung der Sporangienhaufen wiederholt sich durch mehrere Generationen, endlich aber, wenn die Vegetationsperiode des Parasiten zu Ende geht, werden in der herangewachsenen Synchytriumkugel keine Tochterzellen mehr gebildet, sondern sie umgiebt sich mit einer dicken braunen Membran, unter der noch eine zarte farblose Haut liegt, und wird so zur Dauerspore. Als solche zeigt sie erst nach einer

mehrmonatlichen Ruhe, nachdem sie durch Verwesung der Nährpflanze wieder frei geworden ist, eine weitere Entwickelung. Es bilden sich dann, wenn sie einige Zeit im Wasser gelegen hat, in ihr Schwärmsporen, welche den auf der lebenden Pflanze in den Schwärmsporangien gebildeten ganz gleich sind. Sie dringen wieder in die Nährpflanze ein und der geschilderte Cyclus wiederholt sich.

8. *Synch. Succisae* De By. et Wor. war schon im Jahre 1852 von De Bary auf einer feuchten Wiese bei Berlin gefunden worden, seitdem aber hatte es dieser sowohl als Woronin, trotz vielen Suchens darnach, nicht wiedergesehen. Da über die Entwickelung dieses Parasiten fast noch nichts bekannt gemacht worden ist, war ich sehr erfreut, ihn in der Nähe von Breslau anzutreffen und ihn längere Zeit hindurch auf der lebenden Pflanze beobachten zu können. Ich fand ihn zuerst im August 1868 auf einer feuchten Waldwiese bei Arnoldsmühle, damals nur auf wenigen Pflanzen. Im Juli 1869 suchte ich den Standort wieder auf und traf diesesmal den Parasiten in grösserer Menge, auf einigen späteren Excursionen konnte ich ihn bis in den September hinein einsammeln. Während dieser Zeit sah ich an ihm die Bildung von Schwärmsporen und Dauersporen, meine Bemerkungen umfassen aber nur seine Entwickelung vom Juli bis September. Der Fleck, auf dem ich im vorigen Jahre den Parasiten fand, hatte eine ähnliche Beschaffenheit wie der, auf dem ich das Vorkommen von *Synch. globosum* beobachtet hatte. Er umfasste ebenfalls nur einen Theil der Wiese und entsprach ihrer tiefsten Stelle, wo sie sich gegen einen Graben zu senkte, und hatte etwa 10 Schritt im Durchmesser. Hier waren fast sämmtliche Succisa-Pflanzen von den Parasiten befallen, an andern Stellen der Wiese hingegen, wo *Succisa* eben so häufig und eben so üppig wuchs, zeigte sich an ihnen nie eine Spur derselben. Am dichtesten sassen sie an den Wurzelblättern, besonders an der unteren Seite derselben. Im Juli sah ich sie oft über ihre ganze Fläche verbreitet, sie waren dann dicht mit goldgelben Punkten bedeckt, dabei aber nicht im geringsten verunstaltet, so dass es fast das Ansehen hatte, als ob die gelben Punkte normale Drüsenbildungen auf ihnen wären. An später gebildeten Blättern fand ich solche gelbe Punkte in gesonderten Inseln zusammenstehen, besonders an den Blatt-Rändern, die dann stark verdickt und verkrümmt erschienen. Diese Unterschiede kommen gewiss daher, dass die ersten Blätter von den aus den Dauersporen ausgeschlüpften Schwärmsporen auf ihrer ganzen Unterseite getroffen wurden, die späteren nur an einzelnen unbedeckten Stellen. An den unteren Theilen des Stengels fanden sich ebenfalls sehr zahlreiche Parasiten, die Oberhaut war hier in langen Streifen

aufgewulstet, oft auch zu einer durchscheinenden, den ganzen Stengel umziehenden Kruste angeschwollen, in der die rothgelben oder in späteren Zuständen braunen Parasiten eingebettet waren. An den oberen Blättern waren sie spärlicher, vereinzelt aber sogar noch an den Deckblättchen im Blüthenköpfchen anzutreffen. Auch hier wieder hatte der Parasit keinen nachtheiligen Einfluss auf das Gesammtwachsthum der Nährpflanzen ausgeübt, diese blieben kräftig, trieben hohe Blüthenstiele und blühten reichlich.

Gestützt auf die bekannte Entwicklungsgeschichte von *Synch. Taraxaci* war es leicht, die Entwicklung des Parasiten zu verfolgen. In den Epidermiszellen junger Blätter fanden sich oft kleine Kugeln von etwa 0,004 $^{mm.}$ Durchmesser, mit sehr zarter, kaum nachweisbarer Membran, und hellem, in der Mitte röthlich gefärbtem Inhalt, die als erste Jugendzustände des Schmarotzers anzusehen waren. Durch allmähliche Uebergänge zu den grösseren Formen zeigte es sich, dass sie sich durch allseitige Anschwellung vergrösserten, wobei der Inhalt nach und nach gleichmässig orangeroth, die Membran dicker und deutlich vom Inhalt abgegrenzt wurde. Die grössten Synchytriumkugeln hatten 0,1 bis 0,17 $^{mm.}$ im Durchmesser. Die Epidermiszellen, welche die jüngsten Parasiten enthielten, waren nicht ersichtlich von ihren Nachbarn verschieden, mit der zunehmenden Grösse des Schmarotzers waren aber auch die Nährzellen weiter angeschwollen, sie wölbten sich anfangs über die Nachbarzellen vor, bei noch weiter gediehenem Wachsthum begannen aber auch diese sich auszudehnen und zu vermehren, und bildeten endlich eine Hülle um die Nährzelle herum. Die Wärzchen, in denen sich ausgewachsene Synchytriumkugeln befinden, erscheinen bei schwacher, etwa 25facher Vergrösserung als durchscheinend blassgrüne, halbkugelige Erhabenheiten. Ihre Oberfläche ist durch die angeschwollenen Epidermiszellen warzig, wie mit Perlen besetzt, ihr Scheitel mit einer runden Vertiefung versehen, aus deren Grunde ein lebhaft orangerothes Kugelsegment des Synchytriums hervorleuchtet. Auf dem Durchschnitte (Taf. II. f. 1) sieht man, dass das Wärzchen aus mehreren Schichten dickwandiger Zellen mit farblosem Inhalt besteht, die an Grösse die normalen Epidermiszellen übertreffen. Seine Mitte wird von der stark vergrösserten Nährzelle eingenommen, welche in der Vertiefung am Scheitel frei an der Oberfläche liegt. Ihr Lumen wird von dem Parasiten fast vollkommen ausgefüllt, dessen Wachsthum also mit ihrer Ausdehnung bis dahin ziemlich gleichen Schritt gehalten hat. Von jetzt ab nehmen die Wärzchen noch einige Zeit an Höhe zu und die Nährzelle vergrössert sich, so dass der Parasit, der nicht weiter gewachsen ist, kaum die Hälfte ihres Inhalts ausfüllt.

Die Bildung der Schwärmsporangien ist nicht so leicht zu beobachten, wie bei *Synch. Taraxaci,* weil die stärkere Wucherung um die Nährzelle eine directe Betrachtung derselben sehr erschwert. Wenn man indess isolirte Wärzchen in einem späteren Entwicklungszustande, besonders nachdem sie auf die Einwirkung von Glycerin durchsichtiger geworden sind, vorsichtig comprimirt, sieht man schon durch die Betrachtung von oben, dass sich in ihnen auch hier Kugeln bilden, aus einer grossen Zahl von Zellen zusammengesetzt, analog den Sporangienhaufen bei *Synch. Taraxaci.* Zu genauerer Einsicht gelangt man aber erst mittelst senkrechter Schnitte durch die Mitte derartiger Wärzchen. Diese dürfen nicht zu dünn sein, sonst wird die Nährzelle verletzt und ihr Inhalt fliesst aus; unter einer grösseren Zahl von Präparaten finden sich aber genug solcher, die dick genug sind, um den Parasiten nicht zu beschädigen, und doch hinreichend durchsichtig werden, wenn sie einige Zeit in Glycerin gelegen haben. An einem solchen Verticalschnitte (Taf. II. f. 2) zeigt sich, dass die Centralhöhle in zwei fast gleiche Theile zerfällt. In dem oberen ruht ein orangeroth gefärbter Körper, aus vielen Zellen zusammengesetzt, den wir ohne Weiteres als Sporangienhaufen bezeichnen können. Er hat nur selten regelmässige Kugelform, sondern ist oben meist abgeplattet und verbreitert, seitlich den Wänden der Nährzelle dicht anliegend, die Zellen werden von einer zarten, kaum wahrnehmbaren Haut umschlossen. Im unteren Theile der Nährzelle liegt eine kugelige Zellhaut, sie hängt dem Sporangienhaufen an einem Punkte fest an, ist von lichtbrauner Farbe, aber durchscheinend, sie ist leer oder mit wässeriger Flüssigkeit erfüllt, aber nur wenig faltig und fast gar nicht zusammengedrückt. Hat man sich mit diesen Verhältnissen in der natürlichen Lage bekannt gemacht, so kann man sich auf leichtere Weise von ihrer Constanz überzeugen, wenn man den Pflanzentheil, an dem die Wärzchen sitzen, einige Tage in Wasser maceriren lässt. Die äusseren Zellen des Wärzchens werden durch die Maceration erweicht und die Nährzellen mit ihrem Inhalt lassen sich leicht freipräpariren. Gewöhnlich erscheinen sie als keulenformige Körper, oben von den verbreiterten Sporangienhaufen erfüllt, an denen unten die leere Kugelzelle hängt, beide umschliesst die etwas gebräunte Nährzelle, die sich noch stielförmig unter ihren Inhalt verlängert. Selten nur liegt die entleerte Zellhaut seitlich von dem Sporangienhaufen, in den von mir untersuchten Fällen war sie immer vorhanden. In ihrer Grösse entspricht diese Membran vollständig der erwachsenen Synchytriumkugel, und es ist keine andere Deutung möglich, als dass sie eine entleerte Haut derselben ist. Der Parasit hat also vor seiner weiteren Entwicklung eine Häutung bestanden, sein

Inhalt ist vor der Theilung in die Nährzelle herausgetreten, er ist, wie sich aus der festen Adhärenz des Sporangienhaufens mit einem Punkte der entleerten Zellhaut ergiebt, durch eine feine Oeffnung am Scheitel der ursprünglichen Membran in die Nährzelle hineingewachsen. Diese Art der Sporangienbildung ist analog demselben Process bei den weisssporigen Synchytrien, es wird also dadurch eine Verbindung zwischen diesen beiden so verschieden erscheinenden Gruppen hergestellt. Bei einer grossen Zahl aus verschiedenen Pflanzentheilen und zu verschiedenen Zeiten angefertigter Präparate habe ich neben den entleerten Synchytriumhäuten nie ungetheilte Protoplasmakugeln gefunden, und nie solche, die nur in zwei, vier, oder eine andere auf fortgesetzte Zweitheilung deutende Zahl von Tochterzellen zerfallen waren; ich schliesse daraus, dass die Theilung sehr bald nach dem Austritt des Inhaltes in die Nährzellen erfolgt, und dass die Bildung der Tochterzellen durch simultane Theilung zu Stande kommt, wie es ja auch für die anderen Synchytrien anzunehmen ist.

Die Haut, welche die Sporangienhaufen umschliesst, ist sehr zart und lässt sich leicht zersprengen, worauf die Sporangien frei werden und sich von einander trennen, eine Zwischensubstanz wie bei *Synch. globosum* ist mir nicht bemerklich geworden. Die Zahl der in einem Haufen enthaltenen Zellen ist meist ziemlich bedeutend, ich zählte mehrmals 120 bis 150. Die Gestalt der isolirten Sporangien (Taf. II. f. 3) ist sehr wechselnd, meist erscheinen sie unregelmässig polyedrisch, mit scharfen Ecken und bogigen Kanten, zuweilen sind sie sehr lang und gebogen, manchmal bestehen sie aus einem grossen polygonalen Stücke, an welches ein langer schmaler Fortsatz angesetzt ist, wodurch sie flaschenförmig aussehen, kurzum sie haben dieselben unregelmässigen Formen, welche bei den Schwärmsporangien anderer Synchytrien bekannt sind, und durch den gegenseitigen Druck der Tochterzellen in ihrer Mutterzelle erklärt werden. Eben so schwankend ist ihre Grösse, als Durchschnitt lässt sich etwa 0,025 $^{mm.}$ für ihren Durchmesser annehmen, doch sind sie auch oft genug doppelt so lang oder auch nur halb so gross. Sie haben eine feste und ziemlich dicke farblose Membran und einen mennigrothen gleichmässig feinkörnigen Inhalt. Durch Alkalien und Säuren, selbst durch Schwefelsäure sah ich keine Veränderung in der Färbung des Letzteren eintreten, durch Zusatz von Jod und Schwefelsäure wurde er braunviolett. Die Membran blieb farblos.

Diejenigen Sporangien, welche ich freipräparirt unter Wasser und in feuchter Luft auf dem Objectträger aufbewahrte, in der Absicht,

ihre weitere Entwicklung abzuwarten, zeigten mir dieselbe nie, sie hielten sich oft wochenlang unverändert, dann entfärbte sich der Inhalt allmählich, zog sich von den Wänden zurück, schrumpfte zusammen, und sie gingen zu Grunde. Dagegen kam die Schwärmsporenbildung in ihnen oft rasch zu Stande, vom Nachmittage bis zum nächsten Morgen, wenn ich frisch eingesammelte Blätter mit Wasser übergoss. Der Inhalt der Sporangien nimmt danach eine hellere, fast rosenrothe Farbe an, dann treten die rothen Körnchen desselben zu einzelnen Gruppen zusammen, so dass zwischen ihnen farblose Flecken bleiben (Taf. II. f. 4), endlich sieht man den Inhalt in eine grosse Zahl kleiner Kügelchen zerfallen, die durch sehr zarte Linien von einander getrennt sind (Taf. II. f. 5). Mit der Beendigung der Sporenbildung treten auch an der Wand kleine halbkugelige farblose, stark lichtbrechende Erhabenheiten auf, manchmal nur einzeln an einer Zelle, manchmal an jeder Kante Eine, es sind die Stellen, an denen später die Schwärmsporen austreten. Diese sieht man sich schon in der Mutterzelle bewegen, erst langsam, dann immer schneller, bis sie endlich lebhaft durch einander wimmeln. Zuletzt treten sie einzeln aus dem Sporangium heraus (Taf. II. f. 6), schwärmen noch eine Zeit lang in dessen Nähe durcheinander und zerstreuen sich dann, wie es mir schien von Licht und anderen natürlichen Agentien ganz unabhängig, im Wasser. Sie bewegen sich dabei in der, den Chytridienschwärmern eigenthümlichen Weise, indem sie häufig hüpfend wegspringen, sich dann an feste Körper gewissermassen bohrend anheften und plötzlich wieder davonschnellen. Die meisten Schwärmsporen sind rundlich (Taf. II. f. 7), etwa 0,002 bis 0,003 $^{mm.}$ lang, in der Mitte mit einem rothen Tröpfchen, an einem Ende etwas zugespitzt und mit einer einzelnen langen Cilie versehen. Ausser diesen giebt es noch eine andere Form von Schwärmsporen. Sie sind lang gestreckt, fast stäbchenförmig 0,002 $^{mm.}$ breit, 0,004 bis 0,005 lang, zuweilen fast doppelt so gross, ebenfalls mit ein oder zwei rothen Punkten in der Mitte (Taf. II. f. 8). Ich habe diese Form noch innerhalb der Sporangien und einmal ein ganzes Sporangium nur mit solchen langen Sporen erfüllt gesehen. Ob dieselben eine andere functionelle Bedeutung haben als die gewöhnlichen Schwärmsporen habe ich nicht ermitteln können.

Wenn die Schwärmsporen auf junge Succisa-Blätter gebracht wurden, liess sich nach kurzer Zeit ihre Einwanderung in die Epidermiszellen nachweisen. Sie erschienen hier am Tage nach der Aussaat als sehr kleine blasse Kügelchen (Taf. II. f. 13) mit rothem Mittelpunkt und nicht deutlich nachweisbarer Membran, vergrösserten sich allmählich,

wurden gleichmässig orangefarben und zeigten sich überhaupt den frühesten Entwickelungszuständen des Parasiten, wie sie auf der Nährpflanze gefunden worden waren, gleich.

Die Dauersporen des Synchytriums fand ich vom August an immer reichlich an Stengel und Blättern der Nährpflanze. Sie liegen zu grösseren Partien vereinigt ebenfalls in besonderen Wärzchen. An den Blättern, wo diese meist isolirt stehen und am grössten werden, erscheinen sie als stecknadelknopfgrosse Höcker von graubrauner Farbe. Bei schwacher Vergrösserung werden sie als cylindrische Erhabenheiten von etwa 1 mm. Höhe und Breite erkannt, sie sind im oberen Theile farblos, im unteren grünlich, und in ihrer Mitte schimmern die bräunlichen Sporenmassen durch. Ihr Scheitel ist abgeflacht, in der Mitte tief nabelförmig eingezogen. Auf dem senkrechten Schnitt durch die Mitte der Wärzchen zeigt sich immer eine charakteristische Structur derselben (Taf. II. f. 10). Von der centralen Depression zieht sich in das Innere eine Höhlung bis etwa zur Mitte herab, sie ist mit einer braunen krümeligen Haut ausgekleidet und hat gewöhnlich eiförmige Gestalt, bei Anwesenheit vieler Dauersporen ist sie dagegen bis auf ein enges Lumen eingeschränkt, und gleicht dann ganz einem durch den Stich eines Insekts gebildeten Gange. Um diese Höhle herum liegen die Dauersporen, die auf dem Durchschnitte als kreisförmige oder elliptische Scheiben erscheinen. Sie sind immer in einzelne Gruppen gesondert, jede dieser Gruppen enthält 3 bis 8 Sporen, die durch eine braune Zwischensubstanz zu einem kugel- oder keulenförmigen Körper vereinigt sind. Diese sehen mit dem breiteren Ende nach der Peripherie des Wärzchens, mit der Spitze nach dessen Mitte, und dadurch scheinen die Sporengruppen an dem Centralgange zu hängen wie Trauben an einem gemeinschaftlichen Stiele. Um die Sporen herum folgen drei bis vier Lagen unregelmässig geformter Zellen mit dicken Wänden und farblosem Inhalt, die den übrigen Theil des Wärzchens ausmachen. Sie haben etwa den dreifachen Durchmesser der normalen Epidermiszellen und gehen am Grunde allmählich in diese, im Innern in die gewöhnlichen Parenchymzellen über. Da wo die Wärzchen dichter stehen, fliessen sie oft zusammen, so dass sich ein Theil ihrer Wandungen vereinigt, die Verschmelzung kann sogar so vollständig werden, dass sie eine nur leicht verunebnete Kruste bilden, in welche die Sporenballen eingebettet sind; aber selbst bei dieser Verschmelzung ist auf dem Durchschnitt immer noch die centrale Aushöhlung zwischen den Sporengruppen und die strahliche Anordnung derselben erkenntlich.

Um die Bildung dieser Verhältnisse zu verstehen, sind jüngere Zustände zu Hülfe zu nehmen. Sie finden sich in Wärzchen, die an Grösse

und Gestalt den letztbeschriebenen gleich sind, die aber durch ihren durchleuchtenden Inhalt lebhaft goldgelb gefärbt erscheinen. Auf dem Durchschnitte dieser Wärzchen sieht man in ihrer Mitte ebenfalls die Höhlung, und um diese herum eine Lage sehr erweiterter Zellen, deren Membran indess noch farblos und durchsichtig ist. In jeder derselben befindet sich eine Anzahl kugeliger oder meist elliptischer Körper, so angeordnet, dass in dem schmaleren, der Mitte zugewendeten Theile der Nährzelle ein, in dem nach der Peripherie gerichteten, weiteren Theile nebeneinander mehrere derselben liegen. Sie sind lebhaft orangeroth gefärbt, haben einen gleichmässigen rothen Inhalt und eine farblose Membran, gleichen also den unreifen Synchytrien. In den verschiedenen Zellen findet sich die Entwicklung der Parasiten oft verschieden weit fortgeschritten, man kann darum oft in einem Wärzchen solche unreife Zustände in die reifen übergehen sehen, indem der Parasit mit einer dunkleren Haut umgeben wird, der Inhalt der Nährzelle vertrocknet, sich zwischen die Sporen lagert und sie so zu einer Gruppe vereinigt. In noch jüngeren Dauersporen-Wärzchen sind die um die Centralhöhle gelagerten Zellen noch weniger ausgedehnt, die Parasiten noch kleiner und weiter von einander entfernt. Durch allmähliche Uebergänge gelangt man zu den jüngsten Zuständen der Dauersporen. Diese finden sich in Wärzchen, die an Grösse und Bildung denen gleich sind, in welchen sich die Schwärmsporenhaufen gebildet hatten. Die Centralhöhle hat dieselbe Grösse wie bei dieser, in ihrem Grunde findet man noch Spuren der entleerten Synchytrienhaut und leerer Schwärmsporangien, in den Zellen um diese herum, die nur wenig grösser sind als die anderen Wärzchenzellen, liegen kleine Kugeln von zarter Membran umschlossen, mit blassem, in der Mitte roth gefärbtem Inhalt, den frühesten Jugendzuständen des Synchytriums gleich (Taf. II. f. 9). Aus diesen Befunden lässt sich schliessen, dass die Schwärmsporen aus den Sporangien in die Zellen des Wärzchens selbst einschlüpfen und sich hier zu Dauersporen entwickeln, indem sie diese ausdehnen, durch gleichmässige Anschwellung wachsen, und sich endlich mit einer dickeren braunen Haut umgeben.

Einigemale habe ich direct beobachtet, wie die Einwanderung in die Wärzchenzellen Statt fand. Ich trennte einige kleinere Wärzchen, die in ihrer Mitte Schwärmsporangien enthielten, mit der Epidermis von der Blattfläche ab, feuchtete sie an und hielt sie auf dem Objectträger in einem feuchten Raume. Ich konnte an ihnen die inneren Wärzchenzellen ziemlich gut übersehen und fand sie beim Beginn der Beobachtung leer. Am nächsten Tage sah ich in ihnen sehr kleine

rothe Pünktchen, die bald zu röthlichen Kügelchen, jungen Dauersporen, anschwollen, indess die Sporangien in der Mitte grösstentheils entleert waren.

Die einzelnen Wärzchen enthalten immer eine bedeutende Anzahl von Dauersporen, ich habe in Einzelnen 120 und mehr gezählt. Sie lassen sich nach Einwirkung von Aetzkali, welches die braune Zwischensubstanz zwischen ihnen lockert, leicht isoliren, und zeigen sich dann als dunkelkastanienbraune, fast undurchsichtige Körper mit meist ganz platter Oberfläche (Taf. II. f. 11). Sie sind kugelig oder kurz elliptisch, manchmal auch an den Enden abgeplattet, was sich durch den gegenseitigen Druck der gemeinsam in einer Zelle gereiften Sporen erklärt. Ihr Durchmesser schwankt zwischen 0,05 und 0,08 mm., doch haben die kugeligen meist Durchmesser von 0,05, die elliptischen von 0,06 zu 0,08 mm. Durch weitere Behandlung mit Aetzkali werden sie durchsichtiger, man erkennt dann schon, dass ihre Membran aus mehreren Schichten zusammengesetzt ist, sie lassen sich jetzt leicht zersprengen, wobei man findet, dass ihr Inhalt aus einem durch zahlreiche hellrothe Oeltropfen gefärbten Protoplasma besteht, das von einer farblosen, dünnen und zähen inneren und einer braunen, dicken, brüchigen äusseren Haut umschlossen wird (Tab. II. f. 12).

Gegenüber den vielen Tausenden von Schwärmsporen, welche in einem Sporangienhaufen gebildet werden, ist die Zahl derer, welche sich in den Wärzchen selbst zu Dauersporen entwickeln, immerhin nur gering. Es ist darum nicht unwahrscheinlich, dass ein Theil dieser Sporen aus den Wärzchen austritt und sich anderswo weiter entwickelt. Bei der Anwesenheit von vielem Wasser, welches die Schwärmsporen fortschwemmt, wird dieses leicht geschehen können. Wie schon angeführt, traten bei meinen Culturen die Schwärmsporen in das Wasser, mit dem die Blätter übergossen waren, und wanderten in die Epidermiszellen junger Blätter ein, in der freien Natur können heftige Regengüsse denselben Erfolg haben. Es finden sich auch sehr häufig in anderen Theilen isolirte Dauersporen, welche nur von ausgetretenen Schwärmsporen herstammen können. Zunächst sieht man eine oder die andere derselben zuweilen in einer peripherischen Zelle der Wärzchen, sie haben hier dieselbe Form und Grösse wie die in der Mitte, befinden sich aber meist in einem anderen Reifezustande. Die Dauersporen, welche zerstreut in den Epidermiszellen der Blätter vorkommen, haben dagegen ein ganz anderes Ansehen. Sie liegen hier in flachen halbkugeligen Wärzchen, auch wohl von gar keiner Wucherung der Nachbarzellen bedeckt, frei in der ausgedehnten Nährzelle. Sie sind meist kugelig, 0,06 bis 0,07 mm. im Durchmesser, ungefähr eben so

gross, als die gewöhnlichen Dauersporen. Der Inhalt ihrer Nährzelle trocknet ein und bildet um sie eine feste braune Kruste, so dass dadurch ganz so wie bei *Synch. Anemones* und *S. globosum* höckerige unregelmässige Sporenklumpen gebildet werden. Man könnte sich versucht fühlen, diese, durch ihr isolirtes Auftreten von den erstbeschriebenen so verschiedenen Dauersporen für die Sporen eines zweiten Parasiten auf *Succisa* anzusehen, ihre Jugendzustände sind aber denen des *Synch. Succisae* ganz gleich, die obige Annahme hätte also vorläufig keine weitere Stütze. Ob die weitere Entwicklung der beiden Sporenformen eine verschiedene ist, kann ich nicht angeben, da ich diese bis jetzt noch nicht beobachten konnte. — Immerhin bleibt es auffallend, dass sich aus den in eine Epidermiszelle eingedrungenen Schwärmsporen Sporangienkugeln, in dem anderen Falle Dauersporen bilden, und es ist von Interesse, nach etwaigen Gründen dafür zu suchen. Diese verschiedene Art der Ausbildung könnte erstlich von einer specifisch verschiedenen Natur der eingedrungenen Schwärmsporen herrühren. Dass sich bei diesen einige Verschiedenheiten finden, ist erwähnt worden, aber bis jetzt ist ein Zusammenhang derselben mit den verschiedenen Entwicklungsformen des Parasiten nicht zu constatiren. Die Ursache könnte ferner in den verschiedenen Witterungsverhältnissen gesucht werden, denen der Parasit während seiner Vegetationszeit ausgesetzt ist; bei *Synch. Taraxaci,* wo im Frühjahr und erstem Sommer Schwärmsporen, später dann nur Dauersporen gebildet werden, wird man sehr geneigt sein, dem Einfluss der Jahreszeiten diese Differenzen zuzuschreiben, bei *S. Succisae* sehen wir aber beide Sporenbildungen lange Zeit nebeneinander vor sich gehen, besonders am Stengel Schwärmsporen-, am Blatte Dauersporenbildung. Die dritte der Möglichkeiten, dass die Unterschiede der Entwicklung auf Unterschieden im Nährmaterial des Parasiten beruht, hat noch die grösste Wahrscheinlichkeit. Die Ausbildung des Parasiten zu Schwärmsporangienhaufen würde demnach davon abhängig sein, dass seine Schwärmsporen in junges bildungsfähiges Zellgewebe gelangten, in welchem ihnen durch die zarteren Zellwände ein reicheres Ernährungsmaterial zugeführt wird. Zu Dauersporen würden sich dagegen diejenigen Schwärmsporen umbilden, welche in ältere Zellen eingedrungen sind, wie in den Wärzchen und den mehr herangewachsenen Blättern, wo die dickeren Zellwände eine Diffusion des Nahrungssaftes aus dem Nachbar-Gewebe erschweren, der Zellsaft selbst durch die reichlichere Ausscheidung des Zellstoffs schon verändert ist. Nach dieser Auffassung würde die Entstehung der Dauersporen einer nicht ausreichenden Ernährung zuzuschreiben sein, sie wäre einer Einkapselung des Protoplasma's, wie sie

bei vielen niederen Organismen in Folge ungünstiger Lebensbedingungen vorkommt, an die Seite zu stellen, und das Auftreten der Dauersporen im Herbst und beim Absterben der Nährpflanze liesse sich auf dieselbe Ursache zurückführen. Die Ruheperiode wäre einfach dadurch zu erklären, dass der Parasit durch das unzureichende Nährmaterial noch nicht vollständig genug ausgebildet ist, wenn er sich einkapselt, und erst während der Ruhezeit weitere Veränderungen eingehen, weiter ernährt werden muss, ehe er zu der ferneren Entwicklung fähig ist.

9. *Synchytrium Stellariae* Fckl., welches, wie schon Woronin bemerkt, dem *Synch. Succisae* am nächsten steht, konnte ich in der Umgebung von Breslau nicht auffinden, dagegen wurde es von Herrn Lehrer Gerhard in der Nähe von Liegnitz reichlich angetroffen, und von dorther erhielt ich mehrmals Sendungen lebender Exemplare von *Stellaria media* L., auf denen ich die Entstehung der Schwärmsporen und Dauersporen des Schmarotzers verfolgen konnte. Die Schwärmsporen bilden sich in halbkugeligen Wärzchen, welche durch den hindurchschimmernden Parasiten lebhaft gelbroth erscheinen. Sie stehen entweder einzeln auf den Blättern oder fliessen zu einer Kruste zusammen, das letztere ist besonders an Stengeln, Blatt- und Blüthenstielen der Fall, die dann bedeutend verdickt sind. Die Dauersporen erscheinen als glänzend kastanienbraune Punkte oder Knötchen an den Blättern, Blattstielen, Stengel, Blüthenstielen und selbst den Kelchblättern, sie stehen ebenfalls oft sehr dicht, so dass ein ganzes Stengelglied mit einer dicken braunen Kruste umzogen, oder ein ganzes Blatt fast gleichmässig braun gefärbt ist. Dabei veranlasst der Parasit nur sehr geringe Missbildungen auf der Nährpflanze, sogar die Blätter werden nur manchmal eingerollt und verkrümmt, wenn eine sehr reichliche Einwanderung Statt gefunden hat, in vielen Fällen behalten sie selbst dann noch ihre normale Form. Das Gedeihen der Nährpflanzen im Ganzen scheint selbst durch das reichlichste Auftreten des Parasiten nicht gestört zu sein, sie verzweigten sich immer üppig, blühten und trugen normale Früchte, wenn sie auch bis auf die Kelchblätter hinauf dicht mit dem Synchytrium übersäet waren.

Es braucht wohl kaum ausgeführt zu werden, dass sich *Synch. Stellariae* ebenso wie seine vorher beschriebenen Verwandten in einer Epidermiszelle entwickelt, indem die in diese eingedrungenen Schwärmsporen zu einer orangerothen Kugel anschwellen, die Nährzelle ausdehnen und eine Wucherung der Nachbarzellen veranlassen. Sie erreichen gewöhnlich einen Durchmesser von 0,08 bis 0,15 mm. Zur Zeit, wo die Bildung der Schwärmsporangien stattfindet, ist ihre Nähr-

zelle bedeutend vergrössert, so dass sie nur etwa zur Hälfte von dem Schmarotzer ausgefüllt wird.

Ein Vertikalschnitt durch die Wärzchen mit fertigen Sporangienhaufen (Taf. III. f. 1) zeigt, dass die Bildung derselben ähnlich wie bei *Synch. Succisae* geschieht. Man findet nämlich neben der Sporangienkugel immer noch eine kugelige leere Zellhaut, die den ursprünglichen Synchytriumkugeln an Grösse gleich ist, und es ist also auch hier der Inhalt des Synchytriums durch eine Oeffnung der ursprünglichen Membran aus dieser heraus in die Nährzelle gewachsen, und hier erst ist die Theilung in die Sporangien eingetreten. Einen Unterschied von *Synch. Succisae* sah ich darin, dass die entleerte Membran constant den oberen, die Sporangienkugel den unteren Theil der Nährzelle einnahm. Die Nährzellen wurden von dem Parasiten auch nie so dicht ausgefüllt wie bei *S. Succisae*, und liessen sich leicht öffnen, ohne dass der Zusammenhang der Sporangienkugel gestört wurde. Es war dann deutlicher zu erkennen, dass die letztere von einer ziemlich starken farblosen Membran umschlossen war. Sie hing an einem einzigen Punkte fest an der entleerten Membran an, und wurde mit derselben im Wasser herumgetrieben (Taf. III. f. 2). Die Membran der Sporangienkugel wurde durch Jod und Schwefelsäure immer lebhaft violett gefärbt mit etwas bräunlichem Anfluge; dieselbe oder eine etwas mehr bräunliche Farbe nahm in der Mehrzahl der Fälle, aber nicht ganz constant, die entleerte Membran an (Taf. III. f. 3). Die Zahl der in einem Haufen enthaltenen Sporangien fand ich stets viel geringer als bei *Synch. Succisae,* sie betrug gewöhnlich nicht mehr als 30, oft auch viel weniger, bis 10 und 8. Isolirt haben sie ungefähr dieselbe Grösse und dieselbe mannichfaltige Gestalt wie die des vorherbeschriebenen Synchytriums (Taf. III. f. 4), und ebenfalls eine dicke farblose Membran und feinkörnigen orangerothen Inhalt. Durch Jod und Schwefelsäure wird die Membran nicht gefärbt, der Inhalt zieht sich dadurch zusammen und wird braun violett. Die Bildung der Schwärmsporen weicht von der bei den anderen Synchytrien dieser Gruppe nicht ab, ihre Entleerung und Gestalt (Taf. III. f. 5) ist ganz wie bei *Synch. Taraxaci*, ich brauche deshalb auf diese Momente hier nicht weiter einzugehen.

Die Dauersporen bilden sich einzeln oder zu zwei, seltener zu drei (Taf. III. f. 6), in einer Epidermiszelle aus, diese wird dadurch ebenfalls bedeutend vergrössert, so dass sie etwa den 2- bis $2\frac{1}{2}$fachen Längendurchmesser einer Dauerspore erreicht. Die Nährzelle wird von einer Wucherung der Nachbarzellen umgeben, die bei isolirter Stellung ein flaches halbkugeliges Wärzchen bildet, bei dichterer Einwanderung aber, wie es sich gewöhnlich findet, in eine unebene Kruste

zusammenfliesst, in welche die Sporen tief eingelagert sind. Im unreifen Zustande sind sie orangeroth, von einer farblosen Membran eingeschlossen, reif dunkelbraun, fast undurchsichtig, von einer krümeligen, rothbraunen Masse umhüllt. Diese entspricht dem vertrockneten Inhalt der Nährzelle, durch Kalilösung wird sie erweicht, und die Dauersporen werden isolirt. Sie sind immer kugelig, mit glatter Oberfläche und haben 0,057 bis 0,147, meist aber 0,075 mm. im Durchmesser. Durch weitere Einwirkung von Kali wird auch hier wieder die Spore viel durchsichtiger und sie lässt sich zersprengen. Sie ist von einer braunen dicken äusseren und einer dünnen farblosen inneren Haut eingeschlossen. Der Inhalt besteht aus farblosen Protoplasmakörnchen und hellrothem Oel.

10. Es giebt noch eine Anzahl Synchytrien, welche in keine der beiden bis jetzt betrachteten Gruppen eingereiht werden können und darum zu einer besonderen Abtheilung zusammengefasst werden müssen.

Ich habe eines derselben, welches ich als *Synchytrium laetum* bezeichnen will, seit dem April 1868 an *Gagea lutea* Schult. beobachtet. Damals fand ich in einem Gehölz bei Wildschütz, in der Nähe von Breslau, viele Blätter dieser Pflanze, die über und über mit lebhaft schwefelgelben Pünktchen übersät waren. Diese waren so klein, dass sie dem blossen Auge eben nur durch den Contrast mit der dunkelgrünen Blattfläche bemerklich wurden. Ich glaubte zuerst die Spermogonien einer Uredinee vor mir zu haben, bei der mikroskopischen Untersuchung stellte es sich jedoch heraus, dass es kleine einzellige orangerothe Parasiten waren, die in den Zellen der Oberhaut vegetirten. Später fand ich denselben Schmarotzer in allen Wäldern um Breslau, wo ich *Gagea lutea* darauf hin untersuchte, so dass ich überzeugt bin, er wird auch in anderen Gegenden nicht selten sein. Er kommt am häufigsten an den Wurzelblättern vor, aber auch am Schaft, den Blüthenhüllblättern, und zuweilen selbst am Perigon. Einen wesentlich nachtheiligen Einfluss auf die Entwicklung der Nährpflanze üben die Schmarotzer nicht aus, nur scheinen die Wurzelblätter, wenn sie sehr stark von ihnen befallen sind, früher abzusterben und zu vertrocknen, als wie gewöhnlich. Die Epidermis von *Gagea lutea* besteht aus sehr langgestreckten, parallelwandigen Zellen, gewöhnlich von 0,4 mm. Länge und 0,03 mm. Breite. Die kleinsten Formen des Parasiten, welche ich in ihnen traf, waren farblose Kügelchen mit rother Mitte, von einer sehr zarten Membran umschlossen und etwa von der Breite der Epidermiszelle. Bei der Vergrösserung strecken sie sich zuerst etwas in der Richtung der Zelle und liegen ihrer Membran dicht

an, darauf wird diese ausgedehnt, und der Parasit nimmt elliptische Gestalt an, zugleich wird er gleichmässig orangeroth gefärbt. In erwachsenem Zustande besteht er endlich aus einer farblosen, ziemlich starken, aber leicht zerreisslichen Membran, und einem bei durchfallendem Lichte orangeroth, bei auffallendem chromgelb gefärbten Inhalt, der aus farblosen Protoplasmakörnchen und zahlreichen rothen Oeltröpfchen gemengt ist, aber keinen abgesonderten Zellkern enthält. Ein Mycel findet sich ebenfalls nie an den Schmarotzern, es wird ihnen dadurch ihre Stellung unter den Chytridiaceen angewiesen. Bei dem fortschreitenden Wachsthum des Parasiten wird auch die Nährzelle immer mehr ausgedehnt, aber immer nur in der Mitte, da wo jener in ihr eingebettet liegt. Hier schwillt sie bauchig an, so dass sie im Ganzen spindelförmige Gestalt erhält und als kleiner Höcker über die Blattfläche erhoben wird, die Nachbarzellen werden zwar etwas zusammengedrückt und bei Seite gedrängt, aber nie findet sich eine Anschwellung oder Wucherung derselben. Wir haben also hier einen der einfachsten Fälle von Gallenbildung vor uns, in welchen sich der Einfluss des fremden Organismus nur auf eine einzige Zelle erstreckt, ja nur auf einen Theil dieser Zelle. Es schliesst sich dies an die einfachen Gallenbildungen an, die von *Chytridium Saprolegniae* in den Saprolegnia-Schläuchen und denen, die von einem Räderthier in Vaucheria-Fäden gebildet werden; auch sie bestehen nur in einer Anschwellung eines Theiles der Nährzelle, gewöhnlich in einer kolbenförmigen Aussackung des Fadenendes. Manchmal entwickeln sich zwei oder drei Parasiten in einer Zelle. Sie wachsen dann so lange fort, bis sie sich begegnen, platten sich an den Berührungsflächen gegenseitig ab und bilden zusammen einen spindelförmigen Körper, in welchem jedoch die einzelnen Individuen getrennt bleiben.

Zuweilen finden sich die Parasiten auch in Parenchymzellen, welche zunächst unter der Epidermis liegen. Sie werden hier kugelig und dehnen ihre Nährzelle ebenfalls kugelig aus. Diese hebt die Epidermis etwas empor und drängt die Nachbarzellen zur Seite, eine Wucherung in der Umgegend wird aber ebenfalls nicht veranlasst.

Nach Vollendung ihres Wachsthums umgeben sich die Parasiten mit einer dicken braunen Haut und werden ziemlich undurchsichtig. Sie scheinen dabei etwas einzuschrumpfen; es lässt sich dies daraus schliessen, dass die zu drei oder mehreren in einer Zelle heranwachsenden Sporen im unreifen Zustande ihre Nährzelle vollständig ausfüllen und sich mit ebenen Flächen breit berühren, während sie bei der Reife auch da, wo sie zusammenstossen, an den Ecken ziemlich weit-

hin abgerundet sind und die Nährzelle zum Theil frei lassen; auch haben die grössten der reifen Sporen nicht ganz dieselben Dimensionen, die man bei den unreifen auffindet.

Die Nährzelle wird in späterer Zeit zuweilen braungelb und brüchig, behält in anderen Fällen aber ihre normale Beschaffenheit. Man sieht dann in ihnen die reifen Parasiten gelagert (Taf. I. f. 8). Gewöhnlich werden sie noch von einer hellbraunen Masse eingehüllt, die sich nach den Enden der Nährzellen zuspitzt, sie entspricht dem vertrockneten Inhalt der Letzteren.

Die Gestalt der reifen Parasiten ist in den Epidermiszellen mehr oder weniger lang elliptisch, wo sich zwei oder mehrere in einer Zelle gebildet, sind sie durch gegenseitigen Druck stumpf dreieckig oder cylindrisch, die in den Parenchymzellen gereiften sind rund. Die Grösse schwankt bedeutend, sie sind 0,149 bis 0,183 mm. lang, 0,05 bis 0,11 mm. breit. Mit der Zahl der in einer Zelle enthaltenen Parasiten nimmt die Grösse der Einzelnen ab; die in den Parenchymzellen gereiften sind ebenfalls viel kleiner und haben gewöhnlich einen Durchmesser von 0,037 bis 0,07 mm.

Wenn die Membran durch Einwirkung von Aetzkali durchsichtiger gemacht wird, zeigt sie sich wieder aus mehreren Schichten gebildet. Bei ihrem Zerspringen fliesst ein durch zahlreiche hellrothe Fetttröpfchen gefärbter kleinkörniger Inhalt aus, und es machen sich zwei Häute bemerklich, die ihn umschlossen haben. Die innere ist farblos, dünn und zäh, die äussere braun, dick und brüchig. Die Letztere ist meist glatt, zuweilen an den spitzen Enden mit höckerigen Verdickungen besetzt, sie zeigt meist eine sehr zarte und dichte Längsstreifung, welche bei Behandlung mit Schwefelsäure besonders deutlich wird.

Die angegebene Structur und Entwicklung ist ganz dieselbe wie bei den Dauersporen der Synchytrien, es ist deshalb keinem Zweifel unterworfen, dass auch dieser Parasit den Synchytrien zuzuzählen ist. Der gelbrothen Farbe seines Protoplasma's zufolge würde er unter die Synchytrien der zuletzt betrachteten Gruppe zu stellen sein, in seiner Entwicklung weicht er aber bedeutend von ihnen ab. Ich habe die mit dem Parasiten behafteten Blätter vom ersten Frühjahr, wo sie eben hervorgeschossen waren, bis zu ihrem Abwelken häufig controlirt und nie eine Bildung von Schwärmsporangien gefunden, ich glaube deshalb sicher annehmen zu müssen, dass dieselbe nicht wie bei *Synch. Taraxaci* und seinen nächsten Verwandten auf der lebenden Pflanze zu Stande kommt, sondern dass die Entwicklung des Parasiten der von *Synch. Mercurialis* und *Synch. globosum* gleich ist. Die letzten Blätter von *Gagea pratensis* fand ich in der ersten Hälfte des Juni, von da ab verschwinden

sie und kommen erst Ende März wieder hervor. Die Dauersporen, welche durch die Verwesung der Blätter frei geworden, sind also auf eine neunmonatliche Ruhe angewiesen, ehe sie wieder Gelegenheit finden, in ihre Nährpflanze einzudringen. Wahrscheinlich bilden sich, wie bei den Synchytrien der zuerst besprochenen Abtheilung, die Schwärmsporangien in den ersten Frühjahrstagen aus den freigewordenen Dauersporen, und ihre Schwärmsporen dringen in die Epidermis der jungen Gagea-Blätter ein, um sich in dieser sofort wieder zu Dauersporen auszubilden. — *Synchytrium laetum* nimmt demnach eine Mittelstellung zwischen den beiden Gruppen ein, indem es mit der Zweiten die Farbe des Protoplasma's, mit der Ersten die Art der Entwicklung gemein hat.

11. Im Breslauer botanischen Garten fand ich an *Gagea pratensis* Schult. sehr häufig einen Schmarotzer (Taf. I. f. 9), den ich anfangs mit dem vorher Beschriebenen identificirte. Die Gallenbildung, welche er veranlasst, ist ganz dieselbe, nur auf die Nährzelle beschränkt. Wo der Parasit einzeln in einer Zelle vegetirt, ist auch Form und Grösse der Sporen der von *Synch. laetum* gleich. Gewöhnlich hatte aber eine sehr reichliche Einwanderung Statt gefunden, so dass bei der Reife der Sporen ganze Strecken des Blattes, besonders seine Spitze, durch die kleinen glänzenden Knötchen derselben gleichmässig braun gefärbt waren. Es fanden sich hier in einer Zelle viel mehr Parasiten, oft acht bis zehn, welche entweder in einer Reihe über einander oder in zwei Reihen gelagert und bedeutend kleiner waren. Sie hatten gewöhnlich die Form abgeplatteter Kugeln von 0,05 bis 0,07 mm. Durchmesser. Gar nicht selten waren sie auch in den Schliess-Zellen der Spalt-Oeffnungen anzutreffen, sie waren hier kurz elliptisch, 0,035 mm. lang, 0,025 mm. breit, die Nährzelle war von ihrer Schwesterzelle nicht merklich an Grösse verschieden. Auch bei den reifen Sporen bleibt der Protoplasmainhalt weiss, aus feinen Körnchen und farblosen Oeltröpfchen bestehend, ihn umschliesst eine dünne farblose Haut, welche wieder von der braunen dicken Aussenhaut umgeben ist. Letztere ist in ihrer ganzen Fläche von regelmässig gestellten glänzenden Punkten besetzt, die sich meist als punktförmige Eindrücke erkennen lassen, manchmal erhebt sich aber auch die Zwischensubstanz in Form grösserer brauner Warzen.

Die Beschaffenheit der äusseren Membran und besonders die des Protoplasmainhalts macht es nöthig, dieses Synchytrium von dem auf *Gagea lutea* vorkommenden zu trennen, ich habe es daher als *Synch. punctatum* in die Reihe der weisssporigen Synchytrien gestellt.

12. Dem *Synch. laetum* steht höchst wahrscheinlich *Synch. Myosotidis* Kuehn sehr nahe, welches von dem Entdecker selbst in Schlesien

aufgefunden worden ist. Ich habe dasselbe noch nicht auf lebenden Myosotis-Pflanzen gesehen, dagegen hatte ich Gelegenheit, einen auf *Lithospermum* lebenden Parasiten zu untersuchen, der von jenem nicht verschieden zu sein scheint. Die Pflanzen waren auf einem Acker bei Liegnitz ebenfalls von Herrn Gerhard gesammelt worden, und ich erhielt sie von dort durch die freundschaftliche Vermittlung des Herrn Dr. Schneider zu verschiedenen Zeiten, so dass ich den Parasiten in verschiedenen Entwicklungszuständen sah. Im unreifen Zustande bildet er auf Stengel und Blättern von *Lithospermum arvense* L. gelbrothe Knötchen, die gewöhnlich so dicht stehen, dass sie zu einer dicken, gleichmässig rothbraun gefärbten Kruste zusammenzufliessen scheinen. Der Stengel ist oft auf weite Strecken von einer solchen Lage umzogen und erscheint dadurch bis zur Stärke eines Rabenfederkieles verdickt, die Blätter, welche von ihr bedeckt werden, haben meist scharf eingerollte Ränder und sind auf mannichfaltige Weise verkrümmt. Die reifen Sporen sind kleinere, schwarzbraune Körnchen, welche in langen Linien oder breiteren Gruppen zusammengestellt sind. Ich fand sie an den obersten Blättern, auch am Kelch und selbst auf der Oberfläche der Nüsschen, ohne dass Wachsthum, Blüthe und Fruchtbildung der Nährpflanzen alterirt wurden. Schon bei schwacher Vergrösserung eines Querschnittes durch das Blatt wird es ersichtlich, dass die Knötchen aus kugeligen wasserhellen Blasen bestehen, die auf der Blattoberfläche aufsitzen und selbst bei dem dichtesten Stande nicht zusammenfliessen. Ihre Färbung verdanken sie sphäroidalen Körpern, die ohne Spur eines Mycels zu zeigen, in ihrer Mitte ruhen. Auf feineren Durchschnitten (Taf. III. f. 11) sieht man, dass die Blase eine erweiterte Epidermiszelle ist. Ihr Grund liegt zwischen den ganz unveränderten Epidermiszellen und hat die gewöhnliche Breite derselben, ihr oberes Ende erhebt sich zu einer Aussackung von etwa 0,136 mm. Breite und 0,19 mm. Höhe, die ganze Zelle erhält dadurch eine umgekehrt beutelförmige oder flaschenförmige Gestalt. Die Nachbarzellen werden durch den Parasiten in ihrem Wachsthum gar nicht gestört, die Gallenbildung, welche er veranlasst, ist daher hier von derselben einfachen Natur wie die auf *Gagea*. Sie gleicht einer abnormen Haarbildung und hat die grösste Aehnlichkeit mit den durch verschiedene Phytoptus-Arten erzeugten Missbildungen, die unter dem Namen *Phyllerium* und *Erineum* beschrieben worden sind. Auch hier bestehen die oft mannigfach gefärbten wollartigen Krusten aus gesonderten haarartigen Wucherungen, die, wie ich wenigstens in den von mir untersuchten Fällen sah, durch Verlängerung einzelner Epidermiszellen entstehen, wahrscheinlich solcher, die durch die Milbe verletzt worden sind.

Die normalen Haare von *Lithospermum* sind wie die vieler Boraginaceen pfriemlich, spitz, mit stumpfen Warzen bedeckt. Sie sind mit den abgerundeten, glattwandigen Synchytrium-Nährzellen nicht zu verwechseln und stehen hier und da zwischen ihnen, aber viel sparsamer als an gesunden Theilen der Pflanze, so dass es den Anschein hat, als würde die normale Haarbildung durch die Anwesenheit des Parasiten unterdrückt. Manchmal fand ich auch, wie sich der Schmarotzer in einem Haare entwickelt hatte, er ruhte in dessen Basis und hatte diese kugelig aufgetrieben, die Spitze dagegen war unverändert pfriemlich, spitz und mit den gewöhnlichen stumpfen Warzen besetzt.

Im unreifen Zustande sind die Synchytrien auf *Lithospermum* kugelige Körperchen, die bei auffallendem Lichte chromgelb, bei durchfallendem orangeroth erscheinen. Sie haben eine farblose dünne Membran und einen gleichmässigen, durch rothes Oel gefärbten Inhalt. Die reifen Sporen sind kugelig, seltener kurz elliptisch, 0,071 bis 0,136 mm. im Durchmesser. Die in den Haaren gebildeten bleiben viel kleiner, sie werden nur etwa 0,05 mm. breit. Meist entwickelt sich nur eine, zuweilen zwei, selten drei in einer Nährzelle. Innerhalb der Zelle werden sie von einer braunen Masse umhüllt, durch welche sie eine unregelmässige, oft vieleckige Gestalt erhalten, es ist der vertrocknete Inhalt der Nährzelle. Wenn zwei oder mehr Sporen in einer solchen gereift sind, ist diese braune Masse auch als feste Bindesubstanz zwischen ihnen gelagert. Durch Kali-Lösung wird sie leicht erweicht, die isolirten Sporen zeigen dann eine glatte Oberfläche, sie sind glänzend kastanienbraun, haben einen rothen, sehr ölreichen Inhalt und, wie die anderen Synchytriumdauersporen, eine farblose zarte innere und braune dicke äussere Haut.

Kuehn beschreibt sein *Synch. Myosotidis* in der den getrockneten Exemplaren in der Rabenhorst'schen Sammlung beigefügten Bemerkung folgendermaassen: *tuberculis aggregatis, confluentibus, primo luteis, dein fuscis; cellulis nutritiis subrotundis, plerumque ovoideis, maxime emersis, praecipue hypnosporangium unum, non raro bina, rarius terna concludentibus; hypnosporangiis rotundis, fuscis, diam. 0,06—0,11 Mm.* — Alle hier angeführten Merkmale finden sich bei dem Synchytrium auf *Lithospermum* wieder, nicht nur die Parasiten selbst, sondern auch die durch sie verursachte Gallenbildung ist auf den beiden Pflanzen gleich, die Synchytrien müssen daher zu einer Species gerechnet werden. Der von Kuehn gewählte Name ist freilich nicht mehr recht zutreffend, ein Uebelstand, der sich fast immer einstellt, wenn parasitirende Organismen nach ihren Wirthen benannt werden, das Gesetz der Priorität verlangt aber die Erhaltung des von dem Entdecker aufgestellten Speciesnamens.

Bei keiner der vielen Lithospermum-Pflanzen, welche ich durchsah, fand ich Schwärmsporangien des Parasiten, ich sah auch nie Spuren davon, dass sie vorhanden gewesen waren, auch Kuehn erwähnt bei *Synch. Myosotidis* nur Dauersporen. Demnach glaube ich, dass sich die Schwärmsporangien überhaupt nicht auf der lebenden Pflanze bilden, sondern dass sie erst aus der überwinterten und durch Verwesung der Nährpflanze von ihr abgelösten Dauersporen hervorgehen, die in die jungen Nährpflanzen eingedrungenen Schwärmsporen aber direct zu Dauersporen heranwachsen. *Synch. Myosotidis* würde demnach in seiner Entwicklung dem *Synch. laetum* am nächsten stehen, mit welchem es auch in Bezug auf die Gallenbildung die meiste Aehnlichkeit hat.

13. Als ich im Frühjahr 1869 in Gesellschaft mit Herrn Dr. Schneider den mir bekannten Standort von *Synch. Succisae* aufsuchte, fanden wir auf derselben Wiese einen anderen Parasiten auf *Lysimachia Nummularia, Cardamine pratensis* und *Prunella vulgaris,* der auf diesen Pflanzen ebenfalls lebhaft goldgelbe Knötchen bildete, wie die auf *Succisa,* so dass wir auf den ersten Anblick glaubten, *Synch. Succisae* sei auf diese Pflanzen eingewandert. Die nähere Untersuchung bestätigte diese Vermuthung nicht, es fand sich vielmehr, dass der neue Parasit, den ich als *Synchytrium aureum* bezeichnen will, in seiner Entwicklung den beiden zuletzt betrachteten Arten nahe steht.

Am reichlichsten und schönsten fand er sich an *Lysimachia Nummularia* L., und ich traf ihn an dieser Pflanze auch anderwärts ziemlich häufig, namentlich auch in der grössten Nähe von Breslau auf den Ohle-Wiesen bei der Margarethenmühle und an feuchten Böschungen zur Seite der Hundsfelder Chaussee, der Parasit ist also wahrscheinlich gar nicht selten. Die erkrankten Pflanzen sind oft über und über mit goldgelben Punkten bestreut. An den Blättern stehen sie meist gleichmässig über die ganze Fläche vertheilt, der Umriss des Blattes ist dabei nicht verändert, seine Fläche aber durch blasenförmige Auftreibungen, in deren Mitte der Parasit sitzt, wellig verunebnet. An den Stengeln sitzen sie in hyalinen Wärzchen, die zuweilen die Grösse eines Stecknadelknopfes erreichen; häufig fliessen einige dieser Wärzchen zusammen, so dass man in einer grösseren Hervorragung zwei oder mehrere gelbe Punkte durchschimmern sieht; die Verschmelzung kann auch noch weiter fortschreiten, dann entstehen dicke Leisten, die sich oft weit längs des Stengels hin erstrecken, oder Krusten, die sich ganz um ihn herumziehen. Schon bei schwacher Vergrösserung sieht man in den fast durchsichtigen Wärzchen den Schmarotzer als eine lebhaft chromgelbe, gleichförmige Kugel ruhen. Auf dem Durchschnitt ergiebt sich, dass die Gallenbildung derjenigen ganz gleich ist, welche *Synch.*

globosum auf den Veilchenarten anregt, sie besteht aus einer halbkugeligen, später fast cylindrischen Zellwucherung, an deren Scheitel sich eine Depression befindet. Die Zellen sind dickwandig, ihr Inhalt farblos, nur an den, der Depression zunächst gelegenen Zellen oft violett gefärbt, wodurch dann der Scheitel des Wärzchens roth erscheint. Den Mittelpunkt nimmt die vergrösserte Nährzelle ein, deren Wand an der centralen Einziehung frei liegt, im Uebrigen von ein bis drei Lagen der wuchernden Nachbarzellen umhüllt ist. So lange bis der Parasit ausgewachsen ist, bleibt die Membran der Nährzelle farblos und ihr Lumen wird von jenem fast ganz ausgefüllt (Taf. III. f. 6), der Schmarotzer selbst ist in diesem Zustande von einer farblosen Haut eingeschlossen, welche sehr leicht zerreisst, sein Inhalt besteht aus einem Gemenge von Protoplasmakörnchen und reichlichen gelben Oeltropfen. Bei der Reife der Sporen bräunt sich der Inhalt der Nährzelle und legt sich dicht an sie an, so dass dadurch ein unregelmässig eiförmiger Körper gebildet wird, dessen spitzes Ende im Scheitel des Wärzchens frei zu Tage tritt (Taf. III. f. 7). Die Sporen werden immer einzeln in ihren Nährzellen gebildet, und sie gehören zu den grössten Synchytriumdauerzellen, die überhaupt vorkommen, sie sind immer kugelig und haben Durchmesser von 0,12 bis 0,26, meist aber von 0,16 bis 0,18 mm. Wenn durch Kalilösung die braune Hülle der Nährzelle abgelöst ist, erscheinen sie glänzend kastanienbraun und auf ihrer Oberfläche ganz glatt. Durch vorsichtigen Druck lässt sich die äussere hornartige, dicke braune Haut für sich absprengen und die in ihr enthaltene Kugel erscheint dann ganz so wie das unreife Synchytrium, lebhaft goldgelb, von einer dünnen farblosen Membran eingeschlossen und fast ganz von gelben Oeltropfen erfüllt.

Auf *Prunella* und *Cardamine* fanden sich die Schmarotzer viel sparsamer, als auf *Lysimachia*, auf *Cardamine* möglicherweise nur deshalb so selten, weil im Juni, wo ich *Synch. aureum* zuerst antraf, überhaupt nur noch wenige Wurzelblätter dieser Pflanze vorhanden waren. Die Sporen lagen hier in stecknadelkopfgrossen isolirten Wärzchen, bei *Prunella* war der Inhalt der Wärzchenzellen gewöhnlich violett gefärbt. In Form, Grösse und Structur unterschied sich der Parasit nicht von dem *Synchytrium aureum* auf *Lysimachia*, es ist darum für jetzt kein Grund vorhanden, ihn von dieser Species abzutrennen.

Ich fand auf diesen Pflanzen niemals Schwärmsporangienhaufen des Synchytriums, und schloss deshalb schon früher, dass sie sich auf der lebenden Nährpflanze nicht entwickeln würden, sondern erst, wie bei der ersten Gruppe, nachdem die Dauersporen durch Verwesung der Nährpflanzen frei geworden. Noch in vorigem Herbst konnte ich die

Entwicklung des Parasiten weiter verfolgen und mich überzeugen, dass die erwähnte Ansicht richtig war. Ich hatte Ende October eine grössere Menge Lysimachia-Pflanzen eingesammelt, an deren unteren Stengeltheilen und welken Blättern reichliche Synchytriensporen sassen. Ich legte sie nach der von Woronin zur Cultur von *Synch. Mercurialis* eingeschlagenen Methode in frisches Wasser und erneuerte dieses durch einige Zeit täglich. Die welken Blätter und die vertrocknete Epidermis an den unteren Stengelgliedern erweichten sich schnell und lösten sich ab, die Sporen wurden frei und lagerten sich am Boden des Gefässes. Sie waren noch in ihre Nährzelle gehüllt und bildeten mit derselben die beschriebenen dunkelbraunen, fast undurchsichtigen, eiförmigen Klumpen. Schon drei Wochen nach Beginn der Maceration, also Ende November, begann die Weiterentwicklung der Sporen, die im Wesentlichen der von *Synch. globosum* ähnlich war. Die Membran der Nährzelle und die äussere Sporenhaut waren jetzt sehr brüchig geworden, so dass sie durch leichtes Verschieben des Deckgläschens abgetrennt werden konnten, durch die Maceration selbst wurden sie indess nie losgelöst. Der Inhalt der Sporen, der bei ihrer Reife fast ganz aus Oeltropfen bestand, nahm ein immer mehr feinkörniges Ansehen an. Während anfangs die feinen Protoplasmakörnchen isolirt waren und mit den feinsten Oeltröpfchen leicht verwechselt werden konnten, traten sie in späteren Entwicklungs-Stadien zu kleinen Klümpchen zusammen, die sich als kernartige, bei durchfallendem Lichte dunkele Gebilde, von dem Oele deutlich unterschieden. Nach einiger Zeit sah man nun auf den braunen Klumpen lebhaft chromgelbe Punkte erscheinen, die schnell zu kleinen Kugeln heranwuchsen. Wenn ihr Wachsthum beendet war, hatten sie dieselbe Grösse wie die Synchytriumsporen und sassen an einem Punkte fest an dem braunen Sporenballen auf. Die Mitte desselben erscheint jetzt hell und es wird ersichtlich, dass der Inhalt in Gestalt der gelben Kugel aus der Spore ausgetreten ist. Sie sieht den unreifen Synchytrien sehr ähnlich, und besteht aus einem sehr dichtkörnigen gelben Protoplasma und einer ziemlich dicken farblosen Membran, die durch Jodzusatz rosenroth, durch Jod und Schwefelsäure lebhaft violett gefärbt wird. Die entleerten Häute der Spore werden durch diese Reagentien nicht gefärbt. In dieser Kugel bildet sich eine grosse Anzahl von Tochterzellen (Taf. III. f. 8), etwa 150 bis 200, soweit ersichtlich durch simultane Theilung. Sie liegen dicht gedrängt und haften fest an einander, so dass sie eine zusammenhängende Kugel bilden. Ihre Hüll-Membran reisst unregelmässig ein, die Sporangienkugel tritt aus und schwimmt auf der Oberfläche des Wassers umher. Wenn sie zerdrückt wird,

zeigt sich zwischen den einzelnen Zellen auch hier ein zartes Netz aus farbloser Zwischensubstanz. Die einzelnen Sporangien (Taf. III. f. 9) sind unregelmässig polygonal oder sphäroidal, mit all den Form-Abweichungen, die bei den Schwärmsporangien anderer Synchytrien vorkommen. Sie unterscheiden sich von denen des *Synch. globosum* nur durch die gelbe Farbe ihres Protoplasmas. Nach Zusatz von Jod und Schwefelsäure bleibt die farblose Membran unverändert, der Inhalt zieht sich von den Wänden zurück und schrumpft zu einem rothbraunen Klumpen zusammen, wobei sich meist aus ihm ein oder zwei Tropfen gelben Oeles ausscheiden (Taf. III. f. 10). In den beschriebenen Zellen bilden sich wahrscheinlich die Schwärmsporen in derselben Weise wie bei den anderen Synchytrien. Ich habe im Herbste ihre Entwicklung nicht beobachten können, und vermuthe, dass die Jahreszeit nicht günstig dafür war, denn im Freien kommt gewiss die Bildung der Sporangien und Schwärmsporen erst im Frühjahr zu Stande.

Bis zu Anfang Mai dieses Jahres fand ich sämmtliche Stellen, an denen ich vorher *Synch. aureum* gefunden, mit Wasser bedeckt, und wahrscheinlich findet der Schmarotzer hier jedes Jahr diese, für seine Entwicklung und weitere Verbreitung so günstigen Bedingungen. Eine Einwanderung in *Lysimachia* oder *Cardamine,* die dort unter einander wuchsen, war bis zur genannten Zeit noch nicht erfolgt.

14. Wenn wir die systematischen Merkmale der bisher beschriebenen Synchytrien noch einmal kurz zusammenfassen, so können wir sie in drei Abtheilungen gruppiren, und die einzelnen Arten folgendermaassen auseinanderhalten.

I. *Eusynchytrium.* Protoplasma gelbroth gefärbt. Auf der lebenden Pflanze werden aus den herangewachsenen Schwärmsporen zuerst kugelige Haufen von Schwärmsporangien gebildet, am Schluss der Vegetationsperiode Dauersporen.

1) *S. Taraxaci* de By. et Wor. Die in die Nährzelle eingedrungene Schwärmspore schwillt zu einer Kugel an, in der durch directe Theilung die Schwärmsporangien entstehen. Die Dauersporen werden einzeln in einer Epidermiszelle gebildet. Die Gallenbildung ist im entwickeltsten Zustande halbkugelig. — Auf *Taraxacum officinale* Web.

2) *Synch. Succisae* de By. et Wor. Die Synchytriumkugel theilt sich nicht direct, sondern ihr Inhalt entleert sich durch eine feine Oeffnung in die Nährzelle und zerfällt dann in den Sporangienhaufen, der meist über 100 Sporangien enthält. Die entleerte Sporenhaut liegt im unteren Theile der Nährzelle. Die Dauersporen werden meist zu mehreren in den Zellen der Galle gebildet und sind dann viel kleiner als bei *S. Tar.* Gallenbildung cylindrisch. — Auf *Succisa pratensis* Mnch.

3) *Synch. Stellariae* Fuck. Bildung der Schwärmsporangien wie bei *Synch. Succ.*, doch enthält eine Kugel meist weniger als 30 Sporangien. Die entleerte Sporenhaut liegt im oberen Theile der Nährzelle. Die Dauersporen werden zu ein bis drei in den Epidermiszellen gebildet. Gallenbildung halbkugelförmig. — Auf *Stellaria media* Vill.

II. *Chrysochytrium.* Protoplasma rothgelb oder gelb gefärbt. Die in die lebende Pflanze eingedrungenen Schwärmsporen bilden sich sogleich zu Dauersporen aus. Aus den durch Verwesung der Nährpflanze freigewordenen Dauersporen tritt der Inhalt nach Ablauf einer Ruhepause aus und theilt sich in Schwärmsporangien.

4) *Synch. laetum n. sp.* Dauersporen länglich elliptisch, meist einzeln, seltener zu mehreren in einer Zelle gebildet. Gallenbildung auf eine bauchige Auftreibung der Nährzelle beschränkt. — Auf *Gagea lutea* Schult.

5) *Synch. Myosotidis* Kuehn. Dauersporen kugelig oder kurz elliptisch. Nährzellen sackartig erweitert und weit über die Epidermis vorgezogen. — Auf *Myosotis stricta* Lk. und *Lithospermum arvense* L.

6) *Synch. aureum n. sp.* Dauersporen grosskugelig. Gallenbildung in einer cylindrischen oder halbkugligen Wucherung der Epidermiszellen bestehend. — Auf *Lysimachia Nummularia* L., *Cardamine pratensis* L. und *Prunella vulgaris* L.

III. *Leucochytrium.* Protoplasma weiss, Entwicklung wie bei Chrysochytrium.

7) *Synch. Mercurialis* Fuck. Dauersporen kurz elliptisch, äussere Sporenhaut hellbraun, glatt, Gallen becherförmig. — Auf *Mercurialis perennis* L.

8) *Synch. Anemones* (DC) Wor. Dauersporen kugelig, äussere Sporenhaut dunkelbraun, meist höckerig, Gallen halbkugelig. — Auf *Anemone nemorosa* L. und *Anemone ranunculoides* L.

9) *Synch. globosum n. sp.* Dauersporen kugelig oder kurz elliptisch, äussere Sporenhaut gelb, glatt, Gallen halbkugelig oder cylindrisch. — Auf *Viola persicifolia* Schk. und *Viola canina* L.

10) *Synch. anomalum n. sp.* Dauersporen von sehr verschiedener Gestalt und Grösse, oft bohnen- oder nierenförmig, äussere Sporenhaut hellbraun, glatt, Gallen halbkugelig oder cylindrisch. — Auf *Adoxa Moschatellina* L.

11) *Synch. punctatum n. sp.* Dauersporen elliptisch, äussere Sporenhaut braun, feinpunktirt oder warzig, Gallenbildung auf Anschwellung der Nährzelle beschränkt. — Auf *Gagea pratensis* Schult.

Während bisher 6 Synchytrien auf 6 Nährpflanzen bekannt gemacht waren, habe ich in der vorstehenden Uebersicht 11 Species dieser Gattung, die sich auf 16 verschiedenen Pflanzen finden, aufführen können.

15. Ob alle diese Formen wirklich scharf getrennte Arten repräsentiren, darf freilich noch nicht als bewiesen angesehen werden, denn wenn sie auch anscheinend alle unter einander bedeutende Verschiedenheiten zeigen, so sind doch grade bei den Synchytrien einige Unterscheidungsmerkmale, die bei anderen Organismen zu den wichtigsten und constantesten gehören, so veränderlich, dass sie zur specifischen Beschreibung nicht benützt werden können.

Allgemein fühlt man sich versucht, zwei Parasiten für specifisch verschieden zu halten, die auf systematisch weit von einander entfernten Pflanzen vorkommen. Die Erfahrung lehrt allerdings, dass einzelne Schmarotzer nur auf einer einzigen Pflanzenart leben, andere nur auf den Mitgliedern einer bestimmten Pflanzenfamilie, und dass es nicht gelingt, sie auf eine fremde Species, resp. die einer fremden Familie zu übertragen. Dieser Erfahrung nach würde es genügen, für die Unterscheidung des *Synch. globosum* von *S. Anemones* und *Synch. laetum* von *S. Myosotidis* ihr Vorkommen auf Pflanzen aus weit verschiedenen Familien anzuführen. Ob grade für Synchytrium diese Erfahrung Geltung hat, muss erst durch weitere Versuche ermittelt werden, es ist daher vorläufig kein unterscheidender Werth darauf gelegt, und z. B. unter *S. aureum* ein Parasit vereinigt worden, der sich auf Pflanzen aus drei im natürlichen System sehr getrennt stehenden Familien findet.

Die Gallenbildungen, welche die einzelnen Synchytrien hervorrufen, sind anscheinend für die Species sehr charakteristisch. Kein Anderes veranlasst becherförmige Wärzchen wie *Synch. Mercurialis,* kein Anderes die haarartigen Zellaussackungen wie *S. Myosotidis.* Zur Artunterscheidung der Parasiten selbst können diese Merkmale aber nicht mit Recht benützt werden, denn die Galle ist kein Theil, der zu jenem gehört, sondern sie ist ein Theil des durch den Eindringling zu einer Reaction veranlassten Wirthes. Es hat demnach mehr Wahrscheinlichkeit, dass die Verschiedenheit der Gallenbildung durch die Verschiedenheit der Nährpflanze, als durch die specifischen Verschiedenheiten der Parasiten bedingt wird, und es erscheint sehr möglich, dass die Schwärmsporen von *S. Mercurialis,* wenn sie sich in den Epidermiszellen von *Gagea* entwickeln können, nur eine bauchige Auftreibung derselben, die von *S. globosum* auf *Mercurialis* eine becherförmige Wucherung veranlassen werden. Wir sahen sogar, dass sich auf verschiedenen Theilen derselben Pflanze die Gallen desselben Schmarotzers nicht gleich bleiben, z. B. bei *S. Mercurialis* am Blatte becherförmig, am Stengel halbkugelig sind, bei *S. anomalum* am Blatte halbkugelige Wärzchen werden, am Blattstiele zuweilen auf die Anschwellung der Nährzelle beschränkt bleiben.

Bei den meisten niederen Sporen-Pflanzen ist die Grösse der ausgebildeten Sporen sehr constant, und die genaue Messung derselben gehört zu den wichtigsten Merkmalen der Bestimmung. Bei den Synchytrien ist dieses nicht der Fall, das Maximum der Grösse schwankt bei den Dauersporen der verschiedenen Species viel weniger, als die Grösse der einzelnen Sporen bei derselben Art. Es ergiebt sich sogar, dass die Grösse durch bestimmte Verhältnisse bedingt ist, nämlich durch die Grösse der Nährzelle und die Zahl der in einer Zelle heranwachsenden Parasiten: je grösser die Nährzelle, desto grösser der Parasit, je zahlreichere Schmarotzer in einer Zelle, desto kleiner der Einzelne. Wenn wir nun finden, dass die Dauersporen der einzelnen Arten in den Epidermiszellen eine oft ziemlich constante Grösse haben, so können wir dieses auf eine constante Grösse der Epidermiszellen bei den einzelnen Nährpflanzen zurückführen, und brauchen keine specifische Verschiedenheit der Parasiten daraus abzuleiten.

Wie mit der Grösse, so verhält es sich auch mit der Gestalt der Dauersporen, auch diese wechselt bei derselben Species oft recht erheblich. Wir konnten freilich finden, dass sie bei dem Einen fast immer rund, bei dem Anderen kurz- oder lang-elliptisch, bei einem Vierten oft unsymmetrisch ist, so konstant blieben aber diese Unterschiede nie, dass sie immer zutrafen, zur genauen Trennung der Arten können sie also nicht dienen. Uebrigens ist die Form der Nährzelle von unverkennbarem Einfluss auf die Gestalt der Sporen, wie sich z. B. deutlich bei *Synch. laetum* zeigt, dessen Sporen lang elliptisch sind, wenn sie sich in den lang gestreckten Epidermiszellen, rundlich, wenn sie sich in den rundlichen Parenchymzellen entwickelt haben.

Wenn wir von den hier beleuchteten Merkmalen abstrahiren, so bleiben bei dem sehr einfachen Baue der Synchytrien nur wenige Punkte übrig, durch welche bei ihnen Arten unterschieden werden könnten, es sind dies im Wesentlichen nur die Farbe des Protoplasmas und die verschiedene Entwicklung. Durch Entwicklungsverschiedenheiten zeichnen sich nur die drei Arten der Gruppe *Eusynchytrium* aus, für die angenommenen Arten der Gruppe *Chrysochytrium* und *Leucochytrium* sind noch keine charakterisirenden Arteigenthümlichkeiten bekannt.

Fassen wir den Begriff der Species nicht rein morphologisch, sondern genetisch auf, als eine solche Verschiedenheit zwischen zwei Organismen, dass sich der Eine nicht aus den Keimen des Anderen entwickeln kann, so lassen sich nur durch Culturen die Artverschiedenheiten nachweisen. Bei *Synchytrium* sind diese grade nicht schwer, und mit einiger Geduld könnten bald sichere Resultate gewonnen werden, es sind aber noch wenig Versuche der Art angestellt worden. De Bary

und Woronin übertrugen die Schwärmsporen von *Synch. Taraxaci* auf junge Succisa-Pflanzen und fanden, dass dadurch keine Ansteckung hervorgebracht wurde. Die Schwärmsporen von *Synch. Succisae* brachte ich andererseits auf junge Sprossen von *Lysimachia Nummularia* und *Taraxacum*, und ich sah auch hier keine Einwanderung erfolgen.

Ueber die Uebertragbarkeit der weisssporigen Synchytrien, die sich offenbar am nächsten stehen, auf die verschiedenen Nährpflanzen habe ich noch keine Versuche einleiten können, ich will aber einer Beobachtung erwähnen, die ich in der freien Natur gemacht, und die einem absichtlich angestellten Experimente ziemlich nahe kommt. Unter den Mercurialis-Pflanzen im botanischen Garten, welche in so bedeutendem Maasse von *Synchytrium* befallen sind, wachsen viele Stöcke von *Viola odorata*. Wenn der Parasit auf *Mercurialis* mit dem *Synchytrium globosum* identisch wäre, so würde er gewiss auch in die Viola-Pflanzen eingewandert sein, denn *Viola odorata* steht den Veilchenarten, auf denen sich *S. globosum* befindet, nahe genug, um ihn für den Parasiten zu ersetzen. Die Veilchen blieben jedoch immer von dem Synchytrium verschont, und daraus möchte ich auf die specifische Verschiedenheit dieser beiden Schmarotzer schliessen.

16. Durch Culturen liesse es sich auch entscheiden, ob die Synchytrien noch auf andere als die bisher angeführten Pflanzen überwandern können. Diese Frage hat eine praktische Bedeutung, die hier nicht unerwähnt bleiben darf. Dass die Synchytrien häufiger sind, als es nach den bisherigen Angaben zu erwarten war, haben mich meine eigenen Befunde gelehrt, sie kommen wahrscheinlich aber sehr verbreitet vor, und werden noch in weiteren Formen aufgefunden werden, wenn erst die Aufmerksamkeit allgemeiner darauf gerichtet ist, ich kann es wenigstens nicht anders erklären, dass mir diese Parasiten in der ziemlich kurzen Zeit und auf dem beschränkten Gebiet, in dem ich auf sie geachtet, so häufig vorgekommen sind. Auch fehlt es nicht an Andeutungen, dass sie Anderen schon öfter aufgestossen sind. Rabenhorst[1]) führt z. B. bei der Beschreibung der von De Bary und Woronin aufgestellten Synchytrien an, dass er ähnliche Schmarotzer in *Aegopodium, Sagittaria, Vaccinium, Dipsacus, Knautia* und *Lathyrus* gefunden habe. Er erwähnt freilich, dass er bei keinem derselben Schwärmsporenbildung beobachtet hat, leider erfahren wir auch durch ihn nichts über die Grösse und Structur der Sporen, es würde dann leichter gewesen sein zu beurtheilen, ob sie wirklich zu Synchytrien gehörten.

Manche der von früheren Auctoren als *Protomyceten* aufgestellten Arten mögen ebenfalls hierher gehören.

[1]) L. Rabenhorst, *Flora europaea Algarum.* Lps. 1868. III. p. 284.

Bei der grossen Verbreitung der Synchytrien ist es auffallend, dass sie noch auf keiner unserer Culturpflanzen gefunden worden sind. Dass sie indess auch diese befallen könnten, ist von vornherein nicht unwahrscheinlich. Es ist im Eingange darauf hingewiesen worden, dass man jetzt die Pilzkrankheiten der wildwachsenden Pflanzen derselben Beachtung würdigt wie die der Culturpflanzen. Dadurch ist man zu der Erfahrung gekommen, dass die meisten Pilze, welche unseren angebauten Gewächsen schädlich werden, auch auf wildwachsenden Pflanzen vorkommen und sich von ihnen erst auf jene ausbreiten. Es könnte demnach immer einmal eine neue Krankheit auftreten, die ihren Grund in massenhaftem Auftreten von Synchytrien hätte. Auf diese Möglichkeit weiter einzugehen, scheint jetzt, wo noch nicht der geringste Anhalt für ihr Zustandekommen vorhanden ist, überflüssig, ich will nur erwähnen, dass nach den bekannten Lebensbedingungen der Synchytrien ihr Auftreten in erster Reihe nicht bei den Gräsern und Leguminosen, die das Gros unserer Feldfrüchte bilden, zu erwarten wäre, sondern eher bei den Gemüsepflanzen unserer Gärten.

17. Es mögen mir zum Schlusse noch einige Bemerkungen über die systematische Stellung der Organismen, die uns hier beschäftigt haben, gestattet sein. Dass die Synchytrien zu den Chytridiaceen zu rechnen sind, wurde schon bei ihrer Entdeckung erkannt, über die Stellung dieser Familie selbst können einige Zweifel entstehen.

Wenn sie, mehr aus Rücksicht auf die ihnen verwandten Organismen, als auf ihre einfachen Lebenserscheinungen, unzweifelhaft zu den Pflanzen gerechnet werden müssen, kann man nur schwanken, ob man sie als Algen oder Pilze ansehen will. Nach der noch immer gangbarsten Definition fasst man unter dem Namen der Pilze diejenigen Pflanzen zusammen, die aus ihren Sporen entstehen, kein Chlorophyll enthalten und darum auf schmarotzende Lebensweise angewiesen sind. Der einzige Unterschied zwischen Algen und Pilzen bestände demnach in dem Chlorophyllmangel der Letzteren, und die chlorophyllosen Chytridiaceen gehörten unter die Pilze.

Dennoch findet sich in den neueren mykologischen Werken diese Familie kaum erwähnt, vielleicht wegen ihrer grossen Abweichungen von den meisten anderen Pilzen. In der That besitzen dieselben in dem fadenförmigen Mycel eines der wichtigsten Merkmale, welches so constant bei ihnen auftritt, dass man sie ja schon mit den Flechten und einem Theile der Algen in eine grosse Gruppe der Fadenpflanzen, Inophyten, vereinigt hat. Man hat es als unerlässlich für die Charakterisirung eines Pilzes erklärt, dass sich aus der Spore ein Zell-Faden entwickelt, der als vegetatives Organ dient, und von dem sich später das

reproductive, sporenbildende Organ als ein besonderer Theil abgliedert. Der Mangel dieses Entwicklungsganges bei den Myxomyceten ist z. B. als gewichtiger Grund für ihre Ausscheidung aus der Klasse der Pilze aufgeführt worden.

Bei den Chytridiaceen finden sich diese Merkmale ebenfalls nicht, sie besitzen kein Mycel und die Abgrenzung einer Fruchtzelle von einem vegetativen Theile findet nicht Statt, sondern dieselbe Stelle ist zuerst mit allen ihren Theilen vegetatives Organ, indem sie durch gleichmässige Vergrösserung wächst, und wird dann mit allen ihren Theilen Reproductionsorgan, indem sie vollständig zur Spore wird oder in Sporen zerfällt.

So isolirt nun auch dieser Entwicklungstypus unter den Pilzen dasteht, so fehlt es doch nicht ganz an Uebergängen zu anderen Familien. Schon bei einigen Genera der Chytridiaceen, bei *Rhizophydium* und *Rhizidium* finden sich die ersten Andeutungen einer Mycelbildung, und bei *Pythium*, das von den Saprolegniaceen nicht zu trennen ist, ist dieses ebenfalls nur sehr rudimentär ausgebildet. Bei *Rhizidium* findet sich auch schon in einem bestimmten Entwicklungszustande die erste Abgliederung eines Reproductionsorganes ebenso ausgebildet wie bei *Empusa,* die vielleicht zu den Saprolegniaceen gerechnet werden kann. So finden sich, wenn auch wenige, so doch ganz unverkennbare und stufenweise Uebergänge von den Chytridiaceen zu anderen Familien aus der Abtheilung der Phycomyceten. Bleiben diese in der Reihe der Pilze stehen, so müssen auch die Chytridiaceen zu denselben gezählt und als erste und unentwickeltste Familie der Phycomyceten hingestellt werden.

Wenn man die Pilze nach ihrer durchgreifendsten Entwicklungseigenthümlichkeit, der Sporenbildung, eintheilt, wird es sich empfehlen, neben den Ascosporeen und Basidiosporeen auch noch eine Abtheilung der Zoosporeen und der Zygosporeen, vielleicht auch eine fünfte der Schicosporeen anzunehmen. Zu den Zoosporeen würden ausser den Chytridiaceen noch die Saprolegniaceen und die Peronosporaceen zu rechnen sein. Durch die Art der Fortpflanzung und das Verhalten des vegetativen zum reproductiven Organe, sowie durch die ganze Vegetation überhaupt, sind diese drei Familien etwa durch folgende Merkmale von einander geschieden: 1) Die Chytridiaceen besitzen nur Fortpflanzung durch ungeschlechtlich gebildete Schwärmsporen und Dauersporen, ein Unterschied zwischen vegetativen und reproductiven Organen findet nicht Statt; 2) die Saprolegniaceen pflanzen sich durch reichliche, ungeschlechtlich gebildete Schwärmsporen und ausserdem durch geschlechtlich gebildete Sporen fort, das Reproductionsorgan ist

von dem fadenförmigen Vegetationsorgane deutlich abgegrenzt, eine Conidienabschnürung findet sich bei ihnen nicht; 3) die Peronosporaceen besitzen geschlechtlich gebildete Sporen und ungeschlechtliche Schwärmsporen, beide aber nicht bei allen Arten, das vegetative Organ ist als reich verzweigtes Mycel sehr entwickelt und an ihm findet regelmässig Conidienbildung Statt.

Vollständig scharf ist übrigens die Trennung nicht durchzuführen, alle drei Familien sind vielmehr als verschieden weit entwickelte Gruppen desselben Bildungstypus anzusehen, die vielfach in einander übergehen.

18. In neuerer Zeit bricht sich immer mehr die Ueberzeugung Bahn, dass unsere jetzt noch herrschende Eintheilung der niederen Pflanzen eine ganz unnatürliche ist. Dass sich das Gebiet der Algen und Pilze, namentlich in ihren einfachsten Zuständen, nicht trennen lässt, hat Ferd. Cohn schon vor längerer Zeit behauptet und an einigen schlagenden Beispielen dargethan[1]). Er kommt zu dem Schlusse, dass das Reich der Pilze überhaupt als ein eigenes Reich aufzuheben sei. Es würde mich über die Grenzen dieses Aufsatzes hinausführen, wollte ich auf eine Gruppirung der einzelnen Pilzfamilien in diesem Sinne weiter eingehen, ich beschränke mich daher auf die Untersuchung, welche Stellung den Chytridiaceen bei einer Auflösung des Pilzreiches zuzuweisen sein wird.

Am nächsten liegt es, sie unter die Algen zu versetzen, und die meisten Auctoren haben dies auch schon gethan, Rabenhorst führt sie z. B. mit den Saprolegniaceen als Anhang zu den Siphophyceen auf[2]). Da die Algen aber ebenfalls dem Schicksale der Auflösung verfallen sind, müssen wir uns näher nach den natürlichen Verwandten der Chytridien umsehen.

Agassiz hat den Grundsatz aufgestellt, dass die Systematik auf die Embryologie basirt werden müsse. In der Zoologie ist derselbe allgemein anerkannt und mit grossem Scharfsinn und grossem Glück durchgeführt worden, in der Botanik wird er jedoch noch nicht in gleicher Vollständigkeit beobachtet, wiewohl er hier dieselbe Berechtigung hat. Gehen wir darauf zurück, wie die Chytridiaceen in ihrem ersten Entwicklungszustande auftreten, so finden wir sie als Zoospore, und wir sehen, dass sich diese Zoospore ohne Zuthun eines zweiten organischen Elementes zur vollständigen Pflanze ausbildet. Diesen Entwicklungsgang finden wir noch bei einer Anzahl anderer Pflanzenfamilien, die wir unter dem Namen der Zoosporeen vereinigen können, es sind aus-

[1]) Dr. Ferdinand Cohn, Untersuchungen über die Entwicklungsgeschichte der mikroskopischen Algen und Pilze. (Nova acta acad. C. L. C. Vol. XXIV. P. 1. p. 4—42). [2]) L. Rabenhorst, Flora europaea algarum p. 277 ff.

ser den schon oben angeführten pilzartigen Organismen, von Algen besonders: ein grosser Theil der Palmellaceen, die Volvocineen, Vaucheriaceen, Oedogoniaceen, Confervaceen etc. Diese Familien zeigen dieselben Unterschiede, welche wir vorher bei den Phycomyceten gesehen haben: sie besitzen entweder ungeschlechtlich gebildete Schwärmsporen als einzige Art der Fortpflanzung oder ausserdem geschlechtlich gebildete Sporen, ebenso ist bei einem Theile von ihnen vegetatives und reproductives Organ in einer Zelle vereinigt, bei einem anderen Theile getrennt. Die nächsten Verwandten der Chytridiaceen finden wir unter den chlorophyllhaltigen Algen bei den Palmellaceen, bei ihnen ist die einzelne Zelle ebenfalls zu gleicher Zeit vegetatives und reproduktives Organ, und bei der Fortpflanzung zerfällt bei einem grossen Theil von ihnen ebenfalls der ganze Inhalt in Schwärmsporen, von denen jede einzelne durch gleichmässige Anschwellung zu einem dem Mutterorganismus gleichen Individuum heranwächst. Sehen wir also nur auf den Gang der Entwicklung, so können wir die Chytridiaceen einfach zu den Palmellaceen stellen.

Die Palmellaceen, auch wenn man nach dem Vorgange aller neueren Auctoren die Chroococcaceen und Volvocineen von ihnen abgetrennt hat, vereinigen aber immer noch eine grosse Anzahl Arten von sehr verschiedener Entwicklungsweise. Ein Theil von ihnen pflanzt sich durch unbewegte Sporen fort, z. B. *Pleurococcus*, *Schizochlamys* etc., ein anderer durch Schwärmsporen. Nur mit den Letzteren haben die Chytridiaceen Aehnlichkeit. Die Characien und Pediastren stehen ihnen in vieler Beziehung sehr nahe, sie unterscheiden sich aber fundamental von ihnen durch die Bildung der Schwärmsporen, welche bei *Characium* und *Pediastrum* durch fortgesetzte Zweitheilung, bei *Chytridium* durch simultane Theilung zu Stande kommt. Naegeli[1]) unterschied von den Palmellaceen die Protococcaceen dadurch, dass sie sich durch freie Zellbildung fortpflanzen, es würde daher passend sein, die Chytridiaceen unter die *Protococcaceae* Naeg. zu rechnen, wenn die Familie in dieser Begrenzung erhalten werden soll, wogegen sich schon A. Braun erklärt hat[2]). *Protococcus* Ag., *Haematococcus* Ag. und *Chlorococcum* Grev. sind Gattungen, die in Bezug auf ihre Fortpflanzung noch zu wenig bekannt sind, und es ist namentlich auch bei Naegeli nicht angegeben, ob sie, was höchst zweifelhaft erscheint, Schwärmsporen bilden.

Von den bis jetzt genauer bekannten Palmellaceen findet sich

[1]) C. Naegeli, Die neueren Algensysteme, Zürich 1847, p. 153, und: Gattungen einzelliger Algen, Z. 1849, p. 17 u. p. 40.

[2]) A. Braun, Algarum unicellularum genera nova, Lips. 1855, p. 20 u. 25.

Schwärmsporenbildung durch simultane Theilung des Inhalts nur bei den Gattungen: *Hydrodictyon* Rott., *Hydrocytium* A. Br., *Codiolum* A. Br., *Sciadium* A. Br. und wahrscheinlich *Ophiocytium* Naeg. Sie lassen sich wieder in zwei Abtheilungen gruppiren, bei den Einen, *Hydrodictyum* und *Hydrocytium,* zerfällt nur der Belag der Zellwand in Schwärmsporen, bei *Codiolum* der ganze Inhalt der Zelle. Letzteres *genus* steht also den Chytridiaceen am nächsten.

Es würde überflüssig sein, hier die Unterschiede aufzuführen, welche immerhin noch die Chytridiaceen von ihren nächsten chlorophyllhaltigen Verwandten trennen. Ihre parasitische Lebensweise muss schon an sich charakteristische Eigenthümlichkeiten herbeiführen. Es genügt am Schlusse, das Resultat der letzten Betrachtung dahin zusammenzufassen, dass die chlorophylllosen Chytridiaceen in ihrer Entwicklung die grösste Aehnlichkeit mit vielen schwärmsporenbildenden Palmellaceen zeigen, und sich in dieser grossen Abtheilung als eine eigene Familie einreihen lassen, die unter den bis jetzt bekannten Palmellaceen mit *Hydrocytium, Codiolum* etc. am meisten übereinstimmt.

Als der Druck dieses Aufsatzes schon abgeschlossen war, erhielt ich einige von Herrn Gerhard bei Liegnitz gesammelte Exemplare von *Potentilla argentea* L. mitgetheilt, deren Blätter mit kleinen, gallenartigen Bildungen bedeckt waren. In frischem Zustande erschienen sie als karminrothe Kügelchen, die so dicht standen, dass sie stellenweise zu einer Kruste zusammenflossen. Sie erwiesen sich als Synchytrien-Gallen, ganz analog denen von *Synch. Myosotidis* durch beutelförmige Ausdehnung der Epidermiszellen gebildet. Ihre Farbe rührte davon her, dass die Nährzelle mit einer carminrothen Flüssigkeit erfüllt war. Durch Kali wurde dieselbe grün gefärbt, durch Glycerin konnte sie ganz ausgezogen werden. Dann sah man in den Nährzellen den Parasiten ruhen, der von einer glatten braunen, dicken äusseren, einer farblosen, dünnen inneren Membran umgeben und von einem durch hellrothes Oel gefärbten Inhalt erfüllt war, also im Ganzen den Sporen von *Synch. Myosotidis* glich, nur waren die Zellen viel kleiner, meist oval und oft nach unten etwas verschmälert.

Mit Verweisung auf meine über die Artverschiedenheit vieler Synchytrien geäusserten Zweifel will ich bis auf Weiteres diesen Parasiten nicht als besondere Spezies aufstellen, sondern nur als var. *Potentillae* zu *Synch. Myosotidis* stellen. — Immerhin bietet der Befund ein neues Beispiel von der unerwartet weiten Verbreitung der Synchytrien auf Pflanzen der verschiedensten Familien.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

Fig. 1—4. Synchytrium globosum.

Fig. 1. Reife Dauerspore in ihrer natürlichen Lage. Senkrechter Schnitt durch die Mitte des Wärzchens. 200.

Fig. 2. Reife Dauerspore zersprengt, so dass die äussere gelbe, dicke, und die innere farblose zarte Haut sichtbar werden. 200.

Fig. 3. Entwicklung der Schwärmsporangienkugel. 200.

Fig. 4. Isolirte Sporangien mit dem Netz der hyalinen Zwischensubstanz. 500.

Fig. 5—7. Synchytrium anomalum.

Fig. 5. Reife Dauersporen aus den Parenchymzellen des Stengels. 50.

Fig. 6. Reife Dauersporen aus den Epidermiszellen des Blattstiels. 200.

Fig. 7. Reife Dauersporen aus den Epidermiszellen der Blattscheide. 200.

Fig. 8. Synchytrium laetum.

Fig. 8. Reife Dauersporen in den Epidermiszellen und in einer Parenchymzelle. 200.

Fig. 9. Synchytrium punctatum.

Fig. 9. Reife Dauersporen in einer Epidermiszelle und einer Spaltöffnungszelle gebildet. 200.

Tafel II.

Synchytrium Succisae.

Fig. 1. Ausgebildete Synchytriumkugel in ihrer Lage. Senkrechter Durchschnitt durch das Wärzchen. 200.

Fig. 2. Schwärmsporangienhaufen und entleerte Synchytriumzelle in der Centralhöhle des Wärzchens. Senkrechter Durchschnitt durch dasselbe. 200.

Fig. 3. Isolirte Sporangien. 500.

Fig. 4. Theilung des Inhalts der Sporangien bei Beginn der Sporenbildung. 500.

Fig. 5. Sporangium mit fertigen Sporen und Entstehung der Ausgangsöffnungen. 500.

Fig. 6. Ausschlüpfen der Sporen. 500.

Fig. 7. Gewöhnliche Schwärmsporen. 700.

Fig. 8. Lange Schwärmsporen. 700.

Fig. 9. Einwanderung in die Zellen des Wärzchens. Centraler Verticalschnitt durch dasselbe. 200.

Fig. 10. Reife Dauersporen in ihrer Lage. Centraler Verticalschnitt durch das Wärzchen. 50.

Fig. 11. Isolirte Dauersporen. 400.

Fig. 12. Gesprengte Dauersporen. 400.

Fig. 13. Frische Einwanderung der Schwärmsporen nach Aussaat auf die Epidermis. 200.

Tafel III.

Fig. 1—6. Synchytrium Stellariae.

Fig. 1. Sporangiumhaufen und entleerte Synchytriumzelle in ihrer Lage. Senkrechter Schnitt durch das Wärzchen. 200.

Fig. 2. Isolirter Sporangiumhaufen mit der entleerten Synchytriumzelle. 200.

Fig. 3. Dieselbe nach Einwirkung von Jod und Schwefelsäure.

Fig. 4. Isolirte Sporangien. 500.

Fig. 5. Ausschlüpfen der Schwärmsporen. 500.

Fig. 6. Dauersporen in ihrer Lage. Verticalschnitt durch die Wärzchen. 200.

Fig. 7. Synchytrium Myosotidis.

Fig. 7. Centraler Verticalschnitt durch die Nährzellen. 200.

Fig. 8—12. Synchytrium aureum.

Fig. 8. Unreife Dauerspore in ihrer Lage. Verticalschnitt durch ein Wärzchen am Blatt. 50.

Fig. 9. Reife Dauerspore in ihrer Lage. Centraler Verticalschnitt durch ein Wärzchen am Stengel. 50.

Fig. 10. Sporangienkugel mit Sporangien, zersprengt. 100.

Fig. 11. Isolirte Sporangien mit ihrer Zwischensubstanz. 400.

Fig. 12. Dieselben nach Einwirkung von Jod und Schwefelsäure. 400.

Ueber die Fäule der Cactusstämme.

Von

H. Lebert und **F. Cohn.**

Bekanntlich befallen die Arten von *Peronospora,* deren Entwickelungsgeschichte hauptsächlich durch De Bary festgestellt worden ist, die verschiedensten Pflanzen, und veranlassen in der Regel Gallenähnliche Gestaltveränderungen in den Organen, in deren Innern ihr Mycelium vegetirt. Als typisch für diese Einwirkung auf die Nährpflanzen können wir z. B. die *Peronospora parasitica* bezeichnen, welche die blühenden Stengel der Cruciferen, insbesondere häufig von *Capsella Bursa Pastoris* bewohnt und eine Anschwellung und Missgestaltung derselben herbeiführt, wie sie in ganz ähnlicher Weise auch von den Gallenerzeugenden Thieren aus der Klasse der Gallwespen, *Cecidomyien*, und Pflanzenmilben *(Phytoptus)* veranlasst werden. In allen diesen Fällen wird das angegriffene Zellgewebe nicht getödtet, sondern vielmehr zu krankhafter Hypertrophie veranlasst.

Der Kartoffelpilz *(Peronospora infestans)* macht insofern eine Ausnahme unter den Peronosporen, als er nicht eine gallenähnliche Wucherung des befallenen Zellgewebes, sondern vielmehr ein Absterben desselben herbeiführt, welches mit einer Braunfärbung der Zellmembranen und bei hinreichender Feuchtigkeit mit einer fauligen Zersetzung derselben verbunden ist; daher das von der *Peronospora infestans* befallene Laub der Kartoffelpflanze sich schwarz färbt und abstirbt, während die befallenen Knollen im Boden faulen.

Wir haben Gelegenheit gehabt, einen neuen Fall dieser Zellenfäulniss erregenden Wirkung von einer *Peronospora* zu constatiren. In der reichen und interessanten Cacteensammlung, welche der berühmte Agaveenforscher General v. Jacobi neben seinen Lieblingspflanzen cultivirt, begannen im Winter 1867/8 mehrere Exemplare, insbesondere von *Cereus giganteus* und *Melocactus nigrotomentosus,* in eigen-

thümlicher Weise zu faulen. Während die Epidermis des Cactus nicht wesentlich verändert ward, zeigte das von ihr bedeckte Zellgewebe eine vollständige Zersetzung, zunächst unter Auflösung der Intercellularsubstanz, so dass die einzelnen Parenchymzellen sich leicht von einander isoliren liessen. Der Inhalt dieser, etwa 0,15 mm. grossen Zellen war abgestorben, bräunlich gefärbt, ihre Zellhaut erweicht, zum Theil völlig aufgelöst, so dass beim Darstellen eines mikroskopischen Präparats das ganze Gewebe gleichsam zerfloss, und die prächtigen Krystalldrusen von oxalsaurem Kalk, sowie die grossen zusammengesetzten Stärkekörner, aus den zerstörten Zellen herausgefallen, frei auf dem Objectglas herumlagen. So machte der Cactus den Eindruck innerer Fäulniss, ähnlich wie ihn die kranken Kartoffeln darbieten. In der Regel war die Pflanze bis zur Wurzel abgestorben; nur einmal erhielten wir ein Exemplar, in welchem neben dem faulen und abgestorbenen noch ein gesunder Theil vorhanden war.

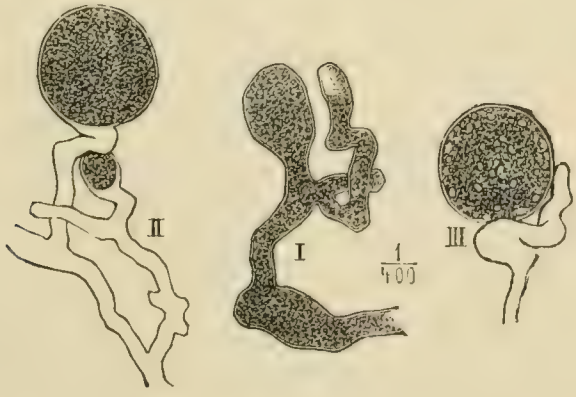
Lässt man einen solchen faulen Cactus in feuchter Luft (unter einer Glasglocke) stehen, so beginnt er sich mit weissem Schimmel zu bedecken, der erst isolirt, allmählich die ganze Oberhaut überzieht.

Unter dem Mikroskop zeigen Stücke aus dem Parenchym des kranken Cactus, welche im Januar 1868 zur Untersuchung kamen, die Anwesenheit eines Mycelium, das in dichtem Geflecht das ganze Zellgewebe durchwuchert. Es besteht aus einzelligen, ausserordentlich langen und dünnen, wellig gebogenen, gleichmässigen oder formlosen Schläuchen, welche mit farblosem Protoplasma erfüllt, zahlreiche, fast unter rechtem Winkel abgehende und mit den Hauptstämmchen meist gleich dicke Aeste ausschicken, die selbst sich wieder in ähnlicher Weise meist durch rechtwinklige Zweige und Zweiglein verästeln. Scheidewände sind in der Regel im Innern der Mycelfäden nicht vorhanden. Die Dicke der Mycelfäden beträgt im Allgemeinen 0,004 bis 0,006 mm. Anfänglich schien es, als ob die Aeste dieses Mycels die Zellen des Cactusparenchyms selbst durchwachsen hätten; bei genauerer Untersuchung stellte sich jedoch heraus, dass das Mycelium sich nur zwischen den Zellen in den Intercellularräumen hinzieht, welche in zusammenhängendem Kanalsystem das Gewebe des Cactus durchsetzen, dagegen in das Innere der Zellen selbst niemals eindringt; Saugwärzchen wurden nicht beobachtet.

Schon aus dieser Darstellung des Mycel lässt sich erkennen, dass der in Rede stehende Pilz nur zu den Peronosporeen oder Mucorineen gehören kann, welche sich bekanntlich in der Beschaffenheit des einzelligen, rechtwinklig verzweigten Mycels nahekommen. Dass wir es aber mit einer Peronospora zu thun haben, ergiebt die im Innern des

kranken Cactus stattfindende geschlechtliche Fruchtbildung. In dem braunen, fauligen Gewebe des Cactus erkennen wir nämlich schon mit blossem Auge dunklere schwärzliche Flecken, welche unter dem Mikroskop sich als Haufen von zahllosen, dicht aneinander gelagerten Oosporen erweisen.

Auf den Mycelfäden bilden sich in traubenförmigen Büscheln von einzelnen Hauptästen ausgehend, rechtwinklig abstehende kurze schmale Aestchen, welche an der Spitze anschwellen und sich in kuglige kurz gestielte Blasen ausbauchen; diese füllen sich mit dichtem körnigem Plasma so vollständig, dass sie fast undurchsichtig werden. Zur Seite und zwar unterhalb dieser kugeligen Gebilde, welche wir als Oogonien zu bezeichnen haben, entspringen andere noch feinere Zweige des Mycelfadens, die sich in mannigfaltiger Krümmung hin und her schlängeln und unter Aussendung von kurzen Aestchen sich eng um die Oogonie herumschlingen. Diese Gebilde sind die Antheridien, und es lässt sich leicht an jeder Oogonie das zur Befruchtung an dieselbe herantretende Antheridium nachweisen. Schwieriger ist es, die Art der Copulation zwischen der Oogonie und ihrer Antheridie zu ermitteln, da eben durch die vielfachen Krümmungen der letzteren die Verbindungsstelle zwischen beiden Organen undeutlich wird. Der Inhalt der Antheridie verdichtet sich zu einem Samenkörper, der die keulenförmig etwas angeschwollene Spitze derselben dicht ausfüllt, während der übrige fadenförmige Theil inhaltsleer erscheint, jedoch ebenfalls mancherlei bauchige Erweiterungen zeigt. Von der terminalen Anschwellung der Antheridie scheinen trichterförmige Befruchtungsröhren auszugehen, die unmittelbar an die Oogonie herantreten, im Innern derselben aber nicht zu erkennen waren.

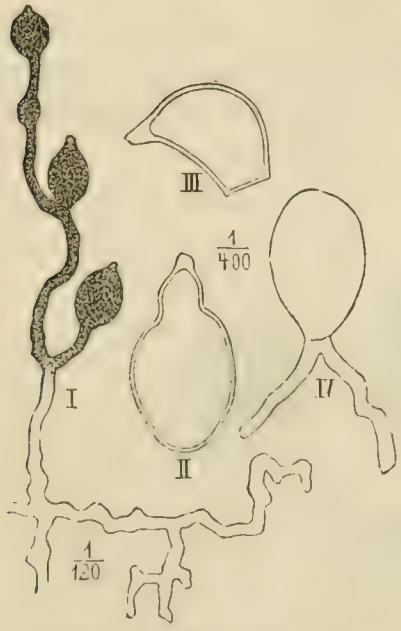


Oogonien und Antheridien von Peronospora Cactorum.

I. Erste Entwicklung.
II. Mit Befruchtungskugeln und Samenkörperchen.
III. Reife Oospore.

Die unbefruchtete Oogonie ist mit einem gelblichen, wegen der Undurchsichtigkeit grau erscheinenden Protoplasma erfüllt; die befruchtete erscheint braun, indem sich das Protoplasma in ihrem Innern zu einer vollkommen kugeligen Oospore umbildet, welche mit einer dicken, scharf und doppelt conturirten, aussen bräunlichen, glatten Membran umkleidet, sich als eine Dauerspore verhält; ihr Durchmesser beträgt 0,020 bis 0,027 mm., im Mittel 0,024 mm. Der Inhalt der Oospore zeigt sich bald mit zahllosen grösseren und kleineren Oeltröpfchen erfüllt, beim Austrocknen in eine einzelne ölartige Masse zusammengezogen; eine weitere Entwicklung derselben und insbesondere deren Keimung zu beobachten, ist jedoch nicht gelungen.

Wie schon oben erwähnt, bedeckt sich der pilzfaule Cactus nach einiger Zeit mit einem zarten weissen Schimmel, welcher die Oberfläche überzieht. Unter dem Mikroskop erkennen wir, dass durch die Spaltöffnungen hindurch aus dem im Innern wuchernden Mycel schlanke Aeste nach Aussen treten, welche sich auf der Cuticula zum Theil ausbreiten und mit Hülfe kurzer rechtwinkliger, wiederholt abgehender Verzweigungen auf ihr befestigen. Von diesen Aesten erheben sich Fruchtträger, als dünne einzellige, oft der Cuticula sich anschmiegende Fäden, welche an der Spitze eine kleine birnförmige Anschwellung zeigen. Diese erweitert sich allmählich blasenförmig und erfüllt sich dicht mit hellem, etwas gelblichem Plasma; sie trennt sich schliesslich durch eine Scheidewand von dem Stiele, der sie erzeugt hat. Wir haben hier die ungeschlechtlichen Fortpflanzungskörper unserer Peronospora, welche de Bary bei *P. infestans* als Sporangien bezeichnet, denen wohl aber besser die allgemeine Benennung von Conidien zukömmt. Unterhalb des Ursprungs einer solchen Conidie wächst der Faden in seitlicher Ausbiegung fort, um an seiner Spitze wieder zu einer zweiten Conidie anzuschwellen, und dieser Vorgang kann sich mehremal wiederholen, so dass der ganze Fruchtstand das Ansehen eines Wickel *(cincinnus)* erlangt.



Peronospora Cactorum Conidien.

I. Conidientragender Faden.
II. III. Conidien.
IV. eine keimende Conidie.

Die reifen Conidien fallen leicht von den erzeugenden Fäden und

liegen massenhaft auf der Oberseite der Cuticula, während gleichzeitig auf der Unterseite derselben die Oosporen sich entwickeln. Die reifen Conidien haben eine eigenthümliche, an eine Citrone erinnernde Form, sie sind selten kugelig, meist eiförmig, am oberen breiteren Ende abgerundet, am schmäleren in ein Spitzchen schnabelartig verdünnt, selbst hakenartig schwach gekrümmt; sie sind 0,035 — 0,068 mm. lang, im Mittel 0,048 mm., also doppelt so gross als die Oosporen. Sie besitzen eine zarte Membran und als Inhalt nur Protoplasma, aber kein Oel; sie keimen leicht, indem sich die Spitze unmittelbar in einen dünnen Keimschlauch ausstülpt, ohne wie bei *P. infestans* Zoosporen zu bilden; oft kommt es vor, dass dicht unter dem Ursprunge des Keimschlauchs sofort ein rechtwinklig abgehender Ast entspringt; selten keimt eine Conidie mit zwei Keimschläuchen, die an entgegengesetzten Punkten ihrer Oberfläche auslaufen.

Die von unserer Peronospora erzeugte Krankheit der Cacteen scheint nicht häufig zu sein; wenigstens ist es uns nicht gelungen, in der Sammlung des hiesigen botanischen Gartens und anderwärts, wo wir zahlreiche, zum Theil ebenfalls kranke und faule Cacteen untersuchten, die Peronospora anzutreffen. Diese Seltenheit des Materials setzte uns ausser Stande, manche noch übrig gebliebenen Lücken in der Entwicklung auf experimentellem Wege zu ergänzen.

In den aus anderen Ursachen (Erfrieren, übermässige Bodenfeuchtigkeit etc.) abgestorbenen und ausgefaulten Cacteen entwickeln sich viele Schimmelpilze, z. B. Penicillien, Fusisporien, Cladosporien und Anfänge verschiedener Sphaeriaceen, welche auch später an der Oberfläche des todten Cactus mit ihren Fruchtkörpern hervorbrechen; ihre meist vielzelligen, oft bräunlichen Hyphen dringen in die todten Cactuszellen ein und tragen zu weiterer Zerstörung derselben bei; diese Pilze können aber nicht als Urheber einer eigenthümlichen Cactuskrankheit, sondern nur als unzertrennliche Begleiter der Fäulniss angesehen werden.

Nur die Peronospora des Cactus zeigt uns einen neuen Fall tödtlicher Einwirkung dieser Pilzgattung auf die Nährpflanze, der um so interessanter ist, als, wie wir oben gesehen, ein directes Eindringen der Mycelfäden in das Innere der Cactuszellen gar nicht stattfindet. Da in Gewächshäusern keine Peronosporen bekannt sind, deren Uebertragung auf Cacteen vermuthet werden könnte, so muss wohl angenommen werden, dass die Peronospora des Cactus durch einzelne, aus ihrer amerikanischen Heimath importirte Originalexemplare mit eingeschleppt sein mag, wodurch sich auch ihre anscheinende Seltenheit erklärt.

Wir halten die von uns beobachtete Peronospora vorläufig für eine neue Art, die wir als *Peronospora Cactorum* bezeichnen und folgendermassen charakterisiren:

Peronospora Cactorum n. s. Mycelii tubi graciles nonnunquam torulosi ramosi, ramis angulo recto patentibus, haustoriis destituti. Stipites conidiophori tenues, in modum cincinni unilateraliter pauce-ramosi, sub apicibus ramorum conidiferis non raro vesiculoso-inflati. Conidia in stipitibus pauca hyalina, ellipsoidea vel ovata, apice papilla prominente munita majuscula = 0,048 mm. ($\frac{1}{28}$ — $\frac{1}{15}$ mm.).

Oogonia conglomerata membrana tenui marcescente munita, singula oosporam singulam exacte globosam episporio valido luteo-fusco pellucido laevi praeditam foventia, diametro = 0,024 mm. ($\frac{1}{40}$ mm.).

Habitat in meatibus intercellularibus parenchymatis variorum Cactorum quorum morbum putredine quadam finitum efficit. Observ. hieme 1868/9 in viridario excellentissimi ducis a Jacobi Vratislaviae.

Vergleicht man nach obiger Beschreibung unsere *P. Cactorum* mit der von De Bary in seiner Monographie der Peronosporeen *(Recherches sur le développement de quelques champignons parasites Ann. d. sc. nat. 4. Ser. XX. 1863.)* gegebenen Zusammenstellung, so sollte dieselbe nach Art und Weise der von uns beobachteten Keimung der Conidien durch einen an der Spitze hervorbrechenden Keimschlauch zunächst mit *P. gangliformis* in die Abtheilung III. *Acroblastae (Conidia candida apice papillata germinando tubum e papilla terminali protrudentia)* gestellt werden. Indess unterscheidet sich unser Pilz von diesen und fast allen anderen, durch ihre vielfach dichotomen, mit zahlreichen kleinen Conidien bedeckten Fruchtträger charakterisirten Peronosporen durch seine nur sehr wenig verzweigten, nicht dichotomen und daher nur wenig Conidien hervorbringenden Fruchthyphen, und stimmt in dieser Beziehung, wie selbst im dünnen Mycelium ohne Saugwarzen, in den Anschwellungen unter den grossen geschnäbelten Conidien etc., allein mit dem Kartoffelpilz *Per. infestans* Montagne, Caspary auffallend überein *(Tribus I. stipitibus proprie ramosis Caspary,* Monatsberichte der Berliner Akademie 1855). Allerdings erzeugen die Conidien des Kartoffelpilzes zunächst Zoosporen und bestimmen in de Bary's System daher die Stellung der *P. infestans* in der Section I. der *Zoosporiparae.* Aber de Bary selbst hat beobachtet, dass unter gewissen Verhältnissen die Conidien des Kartoffelpilzes an der papillosen Spitze sofort in einen Keimschlauch auswachsen, wie ich dies beim Cactuspilz beobachtet habe (vgl. die Abbldg. in der Abhdlg. der Ann. d. sc. nat. l. c. pl. 5. fig. 4); und es lässt sich daher wohl denken, dass vielleicht nur die für alle Keimungsvorgänge so ungünstige Jahreszeit

(im Winter) bei unserer Beobachtung des *P. Cactorum* die Entwicklung der Zoosporen gehindert habe. Bekanntlich sind bei *P. infestans* noch keine geschlechtlichen Fortpflanzungskörper bekannt, falls nicht Berkeley's und Caspary's Vermuthung, dass *Artotrogum hydnocarpum* Mont. die Oosporen des Kartoffelpilzes seien, angenommen wird. De Bary erklärt sich gegen diese Vermuthung trotz der Aehnlichkeit des Artotrogum mit den Oosporen der Peronosporen, weil Montagne das Artotrogum nicht blos im Stocke der Kartoffeln, sondern auch in Rüben beobachtet habe. Es drängt sich nunmehr von selbst die Frage auf, in welchem Verhältniss die *Peronospora Cactorum* zur *P. infestans* steht, welche aller Wahrscheinlichkeit nach mit der Kartoffel selbst und den Cacteen dieselbe gemeinschaftliche Heimath, Amerika, besitzt; dass der Pilz des Cactus dem der Kartoffel sehr nahe verwandt sei, liegt auf der Hand. Versuche, den Cactuspilz auf Kartoffeln zu übertragen, blieben jedoch im Winter 1868 erfolglos, und es ist uns in neuester Zeit zu unserem Bedauern kein neues frisches Material zugekommen, um diesen in so vieler Beziehung interessanten Punkt experimentell zu erledigen.

Ueber eine neue Pilzkrankheit der Erdraupen.

Von

Dr. Ferdinand Cohn.

Mit Tafel IV. und V.

1. Verheerung der Raps- und Roggenfelder durch Erdraupen.

Das Jahr 1869 war für die Schlesische Landwirthschaft durch die vielen Feinde aus der Klasse der Insekten verhängnissvoll. Nachdem im Frühjahr die Fritfliege *(Oscinis Frit)* in der Sommerung (Hafer und Gerste), später im Verlauf des Sommers Hessenfliege *(Cecidomyia destructor)* und bandfüssiges Grünauge *(Chlorops taeniopus)* ungeheure Verheerungen in der Wintersaat (Weizen und Gerste) angerichtet (vergleiche meinen Aufsatz: Untersuchungen über Insektenschaden in den Schlesischen Getreidefeldern während des Sommers 1869, Abhandl. der Schles. Gesellschaft für 1869, Naturwissenschaftl. Heft), so ertönten im Herbst wieder neue Klagen über die Verwüstungen der Rapsfelder durch Erdraupen. Wie Herr Rittergutsbesitzer Moritz Eichborn auf Hundsfeld bei Breslau mir am 3. September 1869 anzeigte, war auf seinem Gute der junge Raps durch die Erdraupen derart abgefressen worden, dass 40 Morgen hatten umgeackert werden müssen. Aehnliche Nachrichten kamen mir auch von andern Kreisen Schlesiens, und es scheint insbesondere auf dem Rechten Oderufer und in Oberschlesien der Raps von den Erdraupen in grösstem Maassstabe beschädigt worden zu sein. Herr Rittergutsbesitzer v. Treu auf Rosen bei Constadt benachrichtigte mich am 27. September, dass auch unter der frühesten Roggensaat die Raupen Verwüstungen angerichtet, wie sie ihm in seiner 15jährigen Praxis nicht vorgekommen waren. Am meisten litt eine brache gelegene Ackerfläche, welche den Sommer über als Schafweide benutzt, im August umgepflügt, im ersten Drittel des Septembers mit Knochenmehl gedüngt und mit Roggen besät worden war. Die Roggensaat war kräftig aufgegangen, aber bald zeigten sich an tiefer

gelegenen, feuchten Stellen, an den Ackerrändern und um die Wasserfurchen ganz vollständig ausgefressene, 3—4 Quadratruthen grosse Flecke, die sich durch den hell durchscheinenden Ackerboden schon von Weitem kenntlich machten und bei näherer Besichtigung sowohl oberhalb, als auch unter der obersten Erdschicht mit Raupen erfüllt waren; indem diese Thiere kreisförmig in der Peripherie immer weiter schritten, fanden sie sich nach vollständiger Vertilgung der Roggenpflanzen besonders massenhaft an den Rändern der kahlgefressenen Stellen. Die Verwüstung der Saaten machte täglich grössere Fortschritte; in der zweiten Woche des October hörten jedoch die Raupen auf, die Saatpflanzen zu zerstören, indem sie sich zum Winterlager in's Innere der Erde begaben, und waren Ende October in grossen Mengen 2—4 Zoll tief im Boden zu finden. Der Frost und die Nässe des November schadeten ihnen nichts; nur gingen sie noch tiefer in die Erde. Herr v. Treu fand die Raupen auch im Weizen, in Luzerne und Kartoffelkraut, wo sie jedoch weniger Schaden anrichteten; ich selbst habe dieselben für meine Untersuchungen noch im November 1869 zahlreich aus Kohlgärten um Breslau gesammelt.

In allen diesen Fällen war es ein und dieselbe Spezies von Erdraupen, welche sich dem Acker so verderblich gezeigt hatte. Ihr an 2 Zoll langer, plumper walzlicher, mattglänzender, nackter Körper von erdgrauer oder mehr bräunlicher oder grünlicher Farbe, mit dunkleren gelblichen Längsstreifen längs dem Rückengefäss, mit kleinen schwärzlichen, gleichmässig über die Haut vertheilten Schüppchen und schwarzumränderten Luftlöchern, das weisslichbraune, nur an der hinteren Hälfte der Kinnbacken schwarze Gesicht liessen diese Raupen leicht als die der überall gemeinen Wintersaateule *Agrotis (Noctua) segetum* erkennen; bei Tag waren sie träge, meist unbeweglich und ringförmig zusammengerollt; des Nachts kamen sie aus den Verstecken und nagten mit unersättlicher Gefrässigkeit alle Pflanzen ab, die ihnen geboten wurden, in der Gefangenschaft selbst Farnkräuter.

2. Epidemie unter den Erdraupen.

Drei Raupen der ersten Sendung aus Rosen bei Constadt vom 27. September brachte ich Anfang October in ein Glas mit Ackererde, in welche sie sich sofort einbohrten. Beim Untersuchen dieser Raupen Mitte October fand ich, dass zwei derselben abgestorben, aber, statt zu faulen, eingeschrumpft waren und sich in kohlschwarze trockene Mumien verwandelt hatten, während die dritte lebendig blieb. Beim Oeffnen der todten Raupen zeigten sie sich erfüllt mit schwarzen ungewöhnlich grossen Pilzsporen, so dass sich auf den ersten Blick herausstellte,

dass dieselben einer tödtlichen Pilzkrankheit erlegen waren. Auf freundliche Anordnung des Herrn v. Treu erhielt ich von dessen Inspector Herrn A. Kanus am 28. October eine zweite Sendung der Erdraupen. Unter diesen sollten nach der Angabe des Herrn Kanus 4 todte Raupen sich befinden; es fanden sich aber beim Empfange am 30. October deren sechs vor, so dass während des zweitägigen Transports noch zwei zu Grunde gegangen waren. In der letzten Sendung vom 18. November waren 3 todte und 15 lebende; doch erlagen von den letzteren in den nächsten Tagen noch eine grosse Anzahl der Pilzkrankheit, nachdem sämmtliche Raupen in trockene Ackererde sich eingegraben hatten. Allerdings starben auch im Laufe des Winters alle übrigen Raupen, ohne die Symptome der Pilzkrankheit zu zeigen, indem dieselben einschrumpften, runzlich wurden und schliesslich völlig austrockneten; die Ursache lag wohl einfach im Mangel an Nahrung, da die Raupen nicht mehr gefüttert wurden, während die im Zimmer stets mässig hohe Temperatur das Eintreten eines Winterschlafes, wie im Freien, unmöglich gemacht hatte; die trockene Erde wirkte dann austrocknend auf die abgestorbenen Thiere. Aber die von der Pilzkrankheit getödteten unterschieden sich leicht durch ihre schwarze Färbung und die Gegenwart von Pilzen im Innern ihres Körpers. Bald gelang es mir auch, unter den lebenden Raupen einzelne zu finden, welche sich durch Trägheit und Unempfindlichkeit als pilzkrank manifestirten, und durch Beobachtung derselben bis zum Absterben ein vollständiges Krankheitsbild zusammenzustellen.

3. Krankheitserscheinungen.

Wie schon oben bemerkt, ist das auffallendste Symptom der Pilzkrankheit die schwarze Färbung, welche die Raupe annimmt. Diese beruht zunächst in einer Umfärbung der Cutis — eine Erscheinung, welche mitunter an einzelnen Stellen, aber nie vollständig, auch ohne Krankheit bei den Erdraupen auftritt. Von einer Anzahl gesunder Raupen, die ich in Spiritus getödtet und aufbewahrt hatte, bekamen einige an verschiedenen Theilen ihres Körpers schwarzbraune bis schwarze Flecken. Auch andere Raupen, sowie die beinfarbenen Larven vieler Käfer (z. B. *Zabrus gibbus*) werden in Spiritus oft schwarzbraun. Bei der Pilzkrankheit der Erdraupen, welche ich in Zukunft als schwarze Muskardine bezeichnen will, kommt jedoch, wie ich später zeigen werde, zu dem Melanismus der Haut noch das Auftreten eines kohlschwarzen Pigments im Blute hinzu. Bei den kranken Raupen färbt sich in der Regel zuerst der Kopf schwarz und zeigt eine spiegelglänzende, gleichsam schwarz polirte Fläche; von hier

schreitet die schwarze Färbung nach dem After fort; ich fand halbtodte Raupen, deren vordere Hälfte schwarz, abgestorben war, während die hintere noch lebendig schien und die natürliche graue Färbung zeigte; am folgenden Tage war die Raupe mit dem inzwischen erfolgten Tode auch gleichmässig schwarz geworden (vergl. Tab. V. Fig. 17). Der Tod tritt ganz allmählich ohne sichtbare Krämpfe ein, indem das schon von Anfang an äusserst träge Thier seine Bewegungen nach und nach völlig einstellt. Die todte Raupe ist zuerst angeschwollen, weich, ihre schwarze Haut fettglänzend, wie ölig; in der That ist dieselbe von öliger Flüssigkeit durchtränkt, welche durch die Haut durchschwitzt und auf Papier Flecke macht; mit Wasser benetzt, wird sie nicht nass, indem der Tropfen wie von Oelpapier abläuft. Mit der fettglänzenden mattschwarzen Farbe der Haut contrastiren die hornigen Theile des Kopfes, Afters und der Wärzchen, die einen spiegelnden Glanz wie polirtes Ebenholz annehmen (Tab. V. Fig. 18). Allmählich trocknet die todte Raupe zu einer schwarzen Mumie aus, wobei sie sich mehr und mehr nach allen Richtungen hin zusammenzieht und dabei quer runzelt; sie verliert schliesslich alle Feuchtigkeit und wird ganz hart, klingend, zeigt sich dabei meist verbogen, S-artig gekrümmt (Taf. V. Fig. 19); wieviel die Raupen bei diesem Mumificirungsprocess an Gewicht verlieren, ergiebt die am 30. October vorgenommene Wägung dreier lebendiger Raupen aus Breslau, die übrigens durch längeres Fasten im Winterlager selbst schon an Körpergewicht eingebüsst haben mochten, zusammen 1,64 gm., also im Mittel 0,55 gm. wogen, während 6 Mumien aus Rosen 0,42 gm., also jede im Mittel 0,07 gm. Gewicht besassen und demnach mindestens $\frac{3}{4}$ an Gewicht verloren haben mochten.

4. Pilzsporen in den todten Erdraupen.

Die der Krankheit erlegenen Raupen sind in hohem Grade spröde, so dass sie bei jeder unvorsichtigen Behandlung in Stücke zerbrechen; diese Stücke sind von der eingeschrumpften Haut umgeben, inwendig aber gleichmässig mit einer kohlschwarzen zunderartigen, schwammigen, trockenen Masse ausgefüllt, ohne dass sich die inneren Organe der Raupe zunächst unterscheiden liessen; nur der von Pilzen frei gebliebene Darm bildet meist eine leere Höhle im Innern der kleinen Mumie. Eine Portion der zunderartigen Masse mit Hülfe der Nadeln auseinander gezerrt, zerfällt in zahllose, tief schwarzbraune, völlig undurchsichtige, kugelrunde Sporen von solcher Grösse, dass sie mit blossem Auge unterschieden werden können, die ganze Substanz also eine mehlig-feinkörnige Beschaffenheit besitzt (vergl. Tab. V.). Diese Sporen zeigen nicht unbedeutende Verschiedenheiten

sowohl in den Dimensionen, als in der Beschaffenheit ihrer Membranen und des Inhalts; aus zahlreichen Messungen habe ich jedoch 0,05 mm. (50 Mikromillimeter) als mittleren Werth ihres Querdurchmessers gefunden. Die grössten Sporen erreichen einen Durchmesser von 55 Mikrom. (Fig. 12), die kleinsten nur von 36—40 Mikrom. (Fig. 7. 8.) Hiernach gehören dieselben unter die grösseren der bekannten Pilzsporen.

Wenn die bei weitem meisten Sporen sich, wie oben bemerkt, als regelmässige Kugeln zeigen, so fehlt es doch nicht an abnormen Formen, wo die Sporen birnförmig in die Länge gezogen (z. B. 100 Mikrom. lang, 30 Mikrom. breit) oder grade abgestutzt sind (Tab. V. Fig. 9); häufig sind Formen mit papillenartigem Fortsatz an einem Ende (Fig. 7. 8). Die Sporen sind gewöhnlich zu 2, 3 oder mehreren kettenartig aneinander gereiht, ohne dass eine organische Verbindung deutlich wäre; sehr häufig zeigen sich jedoch zwei Sporen mit grader Scheidewand dergestalt aneinander geheftet, dass dieselben sich nicht von einander trennen lassen und dadurch einen entwicklungsgeschichtlichen Zusammenhang anzeigen (Fig. 9. 11).

Der äussere Contour der Sporen ist in sehr vielen Fällen ringsum eingekerbt (Fig. 10. 12); und am leichtesten bei trockener Untersuchung überzeugt man sich von der Anwesenheit einer äusseren tiefbraunen Sporenhaut, dem Episporium, welches von unregelmässig gewundenen Furchen durchzogen ist. In vielen Sporen sind in dieser äusseren Schicht die gewundenen Falten nicht zu erkennen (Fig. 5. 11), sei es, dass dieselben überhaupt schwächer oder gar nicht ausgebildet, sei es, dass sie in Folge der Undurchsichtigkeit später undeutlich wurden; solche Sporen sind dann von einer anscheinend glatten, ziemlich dicken, fast undurchsichtigen Haut eingeschlossen, welche bei plötzlichem Druck auf das Deckglas leicht in unregelmässige Fetzen zerspringt (Fig. 13). Wendet man beim Zersprengen des Episporium eine gewisse Vorsicht an, so findet man, dass unter demselben noch eine zweite Haut, das Endosporium (Fig. 13. 15. 16) vorhanden ist, welche sich als eine verdickte, völlig farblose, glashelle Cellulosemembran darstellt. Es schien mir, als ob in solchen Sporen, die schon längere Zeit aufbewahrt waren, das Endosporium dicker geworden, vielleicht aufgequollen sei. Durch Jod wird das Episporium schwarzpurpurn, das Endosporium gelb; eine Blaufärbung durch Jod und Schwefelsäure gelang nicht.

Die Sporenhäute in ihrer doppelten Schichtung sind in der Regel so undurchsichtig, dass sie die Beschaffenheit des Zellinhalts nur schwer erkennen lassen (Fig. 12). Durch Aufbewahren in Glycerin oder auch durch Digeriren in Aether oder Kalihydrat werden sie durchsichtiger (Fig. 11. 14). Am besten untersucht man den Sporeninhalt, wenn es

gelingt, die äusserste Haut abzulösen. Derselbe verändert im Laufe der Entwickelung seine Beschaffenheit; er erscheint zuerst als ein dichtes farbloses Protoplasma, in welchem zahllose kleine Oeltröpfchen gleichmässig vertheilt sind (Fig. 5); diese vereinigen sich später in eine kleinere Zahl grösserer Oeltropfen von zellenähnlichem Ansehen (Fig. 11. 14), oft auch in ein bis zwei grosse Oelkugeln, welche das Protoplasma an den Rand der Spore zurückdrängen (Fig. 6. 10. 15. 16).

Die freien Sporen bilden die überwiegende Hauptmasse der schwarzen zunderartigen Substanz, welche den Körper der todten Raupen zwischen Haut und Darm ausstopft; denn die Eingeweide und der Fettkörper sind, wenn auch nicht verschwunden, so doch zu desorganisirten Fetzen eingeschrumpft, die von den Sporenkugeln dicht umlagert sind; nur die Tracheenstämme in den verschiedensten Dimensionen ziehen sich unversehrt durch die Sporenmasse. Eine Unzahl Fetttröpfchen, aus dem zerstörten Fettkörper herstammend, umgiebt die Sporen, so dass wir ein klares Bild derselben erst dann erlangen, wenn wir durch einen Wasserstrom den grösseren Theil der Fetttröpfchen auf dem Objectglase fortgespült haben, was durch Anlegen eines Fliesspapierstreifens an den Rand des Deckgläschens und Zuführen von destillirtem Wasser an den entgegengesetzten Rand desselben leicht hergestellt wird.

5. Mycelium.

Zwischen den freien Sporen finden wir, wenn auch meist nur spärlich, Bruchstücke eines Myceliums, dessen Fäden sich selten auf längere Strecken verfolgen lassen. Es sind Schläuche von verhältnissmässig bedeutendem Querdurchmesser, meist zwischen 0,008—0,025 mm. (8—25 Mikrom.), bald cylindrisch (bis zu 50 Mikrom.), bald in einzelnen Strecken blasenförmig erweitert (Tab. V. Fig. 4. 5. 10), entweder einzellig oder durch Scheidewände in lange Glieder (bis zu 125 Mikrom.) getheilt, mit spärlichen, meist rechtwinklig abgehenden Aesten. Die Membran dieser Myceliumfäden ist entweder farblos oder häufiger schwärzlich gefärbt (Fig. 10), ihr Inneres entweder leer oder voll grösserer Oeltropfen. Mitunter sind jedoch auch noch grössere Reste des Mycels in den Mumien der Raupen vorhanden, welche mit öligem Protoplasma so dicht erfüllt sind, dass man sie für Dauermycel halten könnte, das unter Umständen seine Thätigkeit wieder zu beginnen vermag; ob dies wirklich der Fall, ist jedoch durch meine Versuche nicht mit Sicherheit zu ermitteln gewesen. Da das Mycelium in den todten Raupen offenbar in Desorganisation begriffen ist, so gelingt es nur schwierig, den Zusammenhang zwischen Spore und Mycel zu

ermitteln; bei genauerer Prüfung findet man jedoch einzelne Sporen auf einem kurzen Stiel sitzend, der an ein Myceliumfadenstück angewachsen ist (Tab. V. Fig. 6. 10). Wälzt man die Sporen, so kann man fast bei allen eine kreisförmige verdünnte Stelle erkennen, welche ihrem ehemaligen Anheftepunkte entspricht (Fig. 11), oder man findet selbst einen Rest des Stiel als kurzes Anhängsel der Spore (Fig. 7. 12). Hieraus wird klar, dass die Sporen auf kurzen Sterigmen an den Fäden des Myceliums entspringen, aber bei der Zerstörung des letzteren isolirt werden.

Um jedoch die Entwicklungsgeschichte der Sporen genauer zu ermitteln, muss man auf frühere Zustände zurückgreifen, wo die Raupen den Beginn ihrer Krankheit durch Trägheit und dunklere Verfärbung der Haut erkennen lassen.

6. Untersuchung des Blutes.

Die Krankheit macht sich, wie ich schon oben bemerkt, im Innern der Raupe zunächst durch Schwarzfärbung des Blutes bemerklich, welches in gesunden Thieren gelblich, klar und von Blutkörperchen reichlich erfüllt ist. Mit dem Fortschritt der Krankheit verschwinden die Blutkörperchen, während im Blute selbst zahllose schwarze Pünktchen auftreten, so dass dasselbe chinesischer Tusche ähnlich wird (Tab. IV. Fig. 4). Beim Anstechen kranker Raupen tritt daher das Blut in grossen schwarzen Tropfen heraus: die im Blut schwimmenden Pünktchen zeigen Molecularbewegung; es könnte zweifelhaft sein, ob dieselben als moleculare Fetttröpfchen aus dem bereits in Auflösung begriffenen Fettkörper stammen, oder ob sie eine Bacteridienform sind, wie sie Pasteur, Davaine und Andere für verschiedene Thierkrankheiten angezeigt haben. Bald darauf treten auch echte Bacterien im Blute auf, welche sich sprungweise oder zickzackartig bewegen und selbst die grösseren Oeltröpfchen in Bewegung versetzen, so dass diese durcheinander zu hüpfen und im Zickzack blitzschnell umherzurollen scheinen; doch folgen sie eben nur dem von den Bacterien gegebenen Anstosse. Auch schlängelnde Vibrionen beleben das in Zersetzung übergehende Blut.

In dem kranken Blute bilden sich auch zahlreiche farblose Krystalle von verschiedener Form, theils Bündel kleiner Rhaphiden (Taf. IV. Fig. 4[a]), theils grössere, anscheinend klinorhombische Säulen mit ausgebildeten Endflächen (Fig. 4[b]), oft zu Zwillingen (Fig. 4[c]), auch wohl drusenartig durcheinander gewachsen. Eine zuverlässige Bestimmung dieser Krystalle war mir nicht möglich; doch beobachtete ich, dass in mehreren mikroskopischen Präparaten des kranken Blutes sich

auch die bekannten Octaeder des oxalsauren Kalks ausschieden, die ich im frischen Blute nicht bemerkt hatte; die oben erwähnten Krystallformen widersprechen nicht der Vermuthung, dass auch sie oxalsaurem Kalk angehören, bekanntlich einer, bei so vielen Gährungs- und Fäulnissprozessen in Folge der Zersetzung einer organischen Substanz durch in ihr entwickelte Pilzzellen auskrystallisirenden Verbindung. Auf einen Zuckergehalt des Blutes scheint es mir hinzudeuten, dass in mehreren mikroskopischen Präparaten, welche ich von den Pilzen im Blute der Erdraupen anfertigte, sich noch nach dem Verschluss des Deckgläschens echte Hefezellen entwickelten, und durch Sprossung so reichlich vermehrten, dass dadurch die Präparate getrübt wurden.

7. Gonidienbildung.

Gleichzeitig mit der Schwarzfärbung beobachtete ich im Blute die Anfänge des Pilzes in stets wachsender Zahl. Es sind freie kugelige oder ovale Zellen von verschiedener Grösse, mit einer zarten, aber allmählich bei zunehmendem Wachsthum stärker werdenden und dann doppelt conturirten Membran, und von einem trüben feinkörnigen, fast farblosen Protoplasma gleichmässig so dicht erfüllt, dass sie dunkelgrau und wenig durchsichtig erscheinen (Taf. IV. Fig. 7); sie haben einen Querdurchmesser von 0,007—0,015 mm. (7—15 Mikromm.). Wenn gleichzeitig mit dem Auftreten dieser Zellen der Darm, die malpighischen Gefässe und der Fettkörper der Raupe in sichtlicher Desorganisation begriffen sind, so hängt dies sicherlich damit zusammen, dass diese Pilzkugeln in zahllosen Exemplaren chytridienähnlich an die Aussenseite jener Organe geheftet sind, wobei sie oft gruppenweise sich dicht aneinander reihen (Fig. 7 a.). Der grösste Theil der kugeligen Pilzzellen aber schwimmt frei im Blute, das die Eingeweide der Raupe umspült.

Woher diese freien Zellen stammen, ist nicht schwer zu ermitteln. Sie entstehen aus Schläuchen, die sich ebenfalls im Blute finden und grade in die Länge gestreckt cylindrisch, oder sichelförmig gekrümmt (Fig. 5 b. c.), hakenförmig zusammengebogen (Fig. 5 d.), S-förmig geschlängelt (Fig. 5 e.) oder zickzackförmig hin und her gebrochen (Fig. 5 f.) sind; diese Schläuche erreichen zum Theil bedeutende Länge (bis 100 Mikrom.), ehe in ihnen eine Theilung bemerklich wird; bald aber nehmen sie eine septirte Beschaffenheit an, indem sich durch successive Querscheidewände der mehr oder weniger cylindrische Schlauch in einfacher Reihe in eine grössere oder kleinere Zahl von Zellen abtheilt (Tab. IV. Fig. 5 g. i.). Nach der Theilung dehnen sich die einzelnen Zellen in verschiedenem Grade aus, bald mehr cylindrisch sich in die

Länge streckend, bald der Quere nach kugelig anschwellend, und bilden so rosenkranzförmige Ketten mit abwechselnden grösseren oder kleineren, kugeligen, oder mehr oder weniger verlängert walzlischen Gliedern in den verschiedensten Dimensionen (Fig. 6 a–e). Oft verkümmert ein Glied zwischen zwei stärker ausgedehnten und erscheint dann als seitlicher Anhang (Fig. 6 b. *). Einzelne Zellen, welche blasenförmig angeschwollen und durch seitliche Ausbuchtungen eine drei oder mehrstrahlige Form angenommen haben, entwickeln, indem sich die Ecken durch Scheidewände von dem Mittelkörper der Zelle abtrennen, aus jedem ihrer multipolaren Enden besondere Zellreihen. So entstehen die mannigfaltig verästelten Gebilde, von denen ich auf Fig. 5 h. k. 6 f. 9. Tab. V. eine Darstellung zu geben versuchte.

Die Zellreihen zerfallen leicht in ihre einzelnen Glieder. Ueberall findet man an den rosenkranzförmigen Fäden zahlreiche Zellen, die sich kugelig abgerundet haben und ablösen, andere Fäden zerbrechen zickzackartig in grössere und kleinere Stücke, die dann wieder sich in ihre einzelnen Zellen isoliren (Fig. 6 c. d. f.). Alle die kugeligen und ovalen freien Pilzzellen im kranken Blute sind aus zerfallenden Zellreihen hervorgegangen; ich werde diese Gebilde bei unserem Pilz als Gonidien bezeichnen. In einem gewissen Zustande der Erkrankung finden wir im Blute weiter nichts, als zahllose, einreihige oder verzweigte Gonidienketten, deren jedes Glied, abgelöst, den Anfang einer neuen Kette abgiebt.

Wie aus obiger Darstellung erhellt, ist es mir nicht gelungen, den ersten Anfang der Infection bei den Erdraupen wahrzunehmen, da das beschränkte Material, mit dem ich arbeiten musste, mir nur solche Raupen zu Gebote stellte, in welche bereits die Keime des Pilzes eingedrungen waren, eine Ansteckung gesunder Raupen durch die schwarzen Sporen aber niemals Erfolg hatte. Nachdem aber nun einmal der Pilz Eingang in den Körper der Raupe gefunden, stellt sich die weitere Entwicklung so dar, dass die schlauchartig verlängerten Pilzkeime durch wiederholte Quertheilung sich zu vielzelligen Gonidienketten entwickeln, die in ihre einzelnen Glieder zerfallend, schliesslich das ganze Blut als kugelige oder eirunde Zellen der verschiedensten Grösse in zahlloser Menge erfüllen. Das Material zur Bildung dieser Zellen liefert ausser dem allmählich resorbirten Blute selbst hauptsächlich der Fettkörper der Raupe, den wir inzwischen sich in eine schmierige schwärzliche Masse auflösen sehen, dessen Fettkörnchen wir im Inhalt der Pilzgonidien zugleich mit feinkörnigem Protoplasma wieder antreffen, so dass eine directe Einsaugung derselben durch die Parasiten wohl vermuthet werden kann.

8. Keimung der Gonidien. Bildung der Dauersporen.

Bringt man einen Tropfen Bluts voll dieser kugeligen Gonidien in die feuchte Kammer, um ihn längere Zeit zu beobachten, so sieht man dieselben innerhalb weniger Stunden keimen, indem sich an irgend einer Stelle ihrer Oberfläche ihre Zellhaut in einen Schlauch aussackt, der oft sofort am Ursprung rechtwinklig abgehende Aeste bildet; anderwärts entstehen zwei Keimschläuche an verschiedenen Punkten der Gonidie; das Plasma als homogene dichte Flüssigkeit wandert in den Keimschlauch aus der Gonidie heraus, welche selbst entleert wird, bis auf einzelne Körnchen, die in ihr zurückbleiben (Tab. V. Fig. 8).

In der kranken Raupe selbst beginnt dieses Auskeimen der freien Gonidien kurze Zeit vor dem Tode; und so entwickeln sich aus diesen kugeligen Zellen zahllose fadenförmige Pilze von 0,005 — 0,01 mm. im Durchmesser, die sich in lange Schläuche verlängern, durch rechtwinklige Aeste sich mehrfach verzweigen, mit dichtem, feinkörnigen, fettreichen Protoplasma füllen, und entweder gar nicht oder doch erst später durch Querscheidewände septiren (Tab. IV. Fig. 9. 10). Diese schlauchartigen Fadenpilze, die anfänglich isolirt, später dicht verfilzt durcheinander wachsen, bilden in ihrer Vereinigung ein Mycelium, das in steter Vergrösserung die Eingeweide der Raupe verdrängt und die Leibeshöhle mit Ausschluss des Darmes und der Tracheen ausstopft. Die Spitzen der Fadenäste vergrössern sich alsbald keulenförmig, füllen sich mit dichterem Protoplasma und gliedern sich durch Querscheidewände ab, zum Theil um neue Gonidien zu bilden (Tab. V. Fig. 1*); andere, theils terminale, oder noch häufiger seitliche Aestchen, die aus den Fadenschläuchen hervorsprossen, schwellen an ihrer Spitze kugelig auf und bilden sich allmählich zu Sporen aus, die mit einem dünneren Stiele (Sterigma) auf dem Faden sitzen (Tab. V. Fig. 2. 4*). Oft lässt sich noch der Zustand erkennen, wo die Höhle des Zellfadens direct mit der zur Spore sich entwickelnden Ausstülpung communicirt, so dass das Protoplasma des Fadens in die schwellende Spore einströmt, dort sich ölartig umbildet, während gleichzeitig deren Zellhaut eine immer dunkler werdende Färbung annimmt (Fig. 2. 3). Die reife Spore gliedert sich endlich durch eine Scheidewand von der Spitze ihres Stiels ab, und erhält unter ihrer primären Haut, die zum Exosporium wird, noch eine zweite innere Hautschicht.

Wie oben erwähnt, theilen sich diejenigen Fadenäste, welche zu Sporen werden, oft vorher durch Querscheidewände in 2 (oder mehr) Glieder; wo dies der Fall, durchlaufen in der Regel beide Glieder die Metamorphose zur Spore nach einander, so dass z. B. die Endzelle

bereits eine vollständige ausgewachsene Spore mit doppelter und demnach undurchsichtiger Sporenhaut darstellt, während die unter ihr befindliche kleinere Gliederzelle mit hellerer, mehr röthlicher und durchsichtigerer Membran und Plasma reicherem, Oel ärmerem Inhalt noch einen jüngeren Zustand anzeigt (Tab. V. Fig. 5). Die paarweise oder selbst zu dreien verbundenen, mit graden Scheidewänden aneinander gewachsenen Sporen, die wir so häufig in den todten Raupen finden, sind aus solchen Entwickelungszuständen hervorgegangen. (Fig. 9. 11.)

Mitunter gestaltet sich nur die terminale Zelle zur Spore, die unter ihr befindliche wird als Mycelzelle abgegliedert (Fig. 6).

Einzelne Sporen sind von wurmförmig oder hakenartig gekrümmten Mycelästen derartig auf's Engste umschlossen, dass mir der Gedanke entgegentrat, es möchte sich hier vielleicht gar um geschlechtliche, durch Antheridien befruchtete Oosporen handeln (Tab. V. Fig. 4). Es ist mir jedoch nicht möglich gewesen, dieses Auftreten hakenförmiger Aeste zur Seite der Sporen als regelmässige Erscheinung insbesondere in den jugendlichen Entwicklungszuständen zu constatiren, so dass ich die Vermuthung eines geschlechtlichen Fortpflanzungsprocesses bei diesen Sporen nicht zu erweisen vermag.

Während auf solche Weise im Innern der Raupe das Blut und die assimilirbaren Substanzen des Fettkörpers und der Eingeweide von den Schläuchen des Mycels resorbirt werden, diese letzteren aber das von ihnen aufgenommene Protoplasma und Fett wieder in die Sporen einströmen und daselbst sich verdichten lassen, tritt der Tod des allmählich erschöpften und daher ganz unmerklich verlöschenden Thieres ein. Die Mycelfäden selbst werden nun grösstentheils inhaltsleer; ihre anfangs glashellen Membranen färben sich schwärzlich (Tab. V. Fig. 10) und sind leicht zerreissbar; in einzelnen Theilen der Mycelfäden sammeln sich mitunter dichtere Protoplasmamassen, grenzen sich durch Querscheidewände von den benachbarten Fadenstücken ab, während das übrige Mycel zerstört und die Sporen dadurch isolirt werden; sie stellen jene eigenthümliche Form der Dauermycelzellen dar, wie sie auch bei *Pilobolus*, *Mucor*, *Achlya*, *Peronospora* und anderen Phycomyceten auftreten (vgl. Schröter, über Gonidienbildung bei Fadenpilzen, Jahresber. der botanischen Section der Schles. Gesellschaft für 1868 p. 133). Indem schliesslich die Sporen zur Reife gelangen, wird ihr Inhalt immer dichter, ölreicher, ihre beiden Häute dicker und fester, und nachdem das während dieser Reifungsvorgänge ausgeschiedene Wasser durch die Haut der Raupe verdunstet ist, wird diese völlig trocken und hart, und nimmt jene schwarze

Mumienartige Beschaffenheit an, welche mich veranlasst hat, dem hier beschriebenen Pilze den Namen des *Tarichium megaspermum* zu geben (von ταριχος, ταριχιον bei Herodot, kleine Mumie).

9. Keimversuche an Dauersporen.

Mein nächstes Bestreben war nun darauf gerichtet, die Keimung der Sporen zu ermitteln. Ich habe zu diesem Zweck die schwarzen Raupenmumien bald nach dem Tode in Wasser, in feuchte Erde, in eine feuchte Kammer gebracht. Die im Herbst auf solche Weise der Cultur unterworfenen Mumien bedeckten sich mit einem Schimmel, der dieselben schliesslich völlig mit weissem Ueberzug bedeckte, oder stellenweise sich zu dichten Coremiumartigen Massen verflocht. Der Schimmel bestand aus dünnen und langen septirten Penicilliumartigen Pilzfäden von 0,001—0,002 mm. Dicke, welche an der Spitze wie im obersten Knoten des septirten Fadens paarweise gegenständige Wirtel langer farbloser Sporenketten auf pfriemenförmigen, 0,04 mm. langen Sterigmen erzeugten. Diese Ketten zerfallen leicht in die einzelnen Sporen (Conidien) von charakteristischer glockenförmiger Gestalt; dieselben sind nämlich elliptisch mit breiterer abgestutzter Basis, am entgegengesetzten Ende in eine feine Spitze verdünnt, daher die Sporenketten an jedem Gliede scharf eingezogen. Die Sporen sind 0,006 bis 0,007 mm. lang; sie keimen leicht, indem sie nicht an einem der beiden Enden, sondern an der Seite einen dünnen Keimschlauch austreiben, der selbst wieder rechtwinklige Aeste abgiebt. Mit Rücksicht auf die Art der Sporenbildung, welche an den Typus von *Penicillium* erinnert, sowie auf das Vorkommen dieses Schimmels auf todten Raupen, könnte man denselben als eine Art der Insekten tödtenden Isarien betrachten, obwohl die Grösse der Sporen die gewöhnlichen Isariensporen übertrifft. Ich muss jedoch unsern Pilz nach der ganzen Entwicklungsgeschichte als völlig indifferent zu der Krankheit der Raupen, vielmehr als einen nur zufällig angeflogenen Schimmel betrachten; ich möchte ihn deshalb nicht als eine *Isaria,* sondern als eine *Spicaria* bezeichnen.

Während die Spicaria die todten Raupen mit weissem Staube einhüllte, blieben die schwarzen Sporen des Tarichium unverändert. Ebensowenig gelang es mir, eine Portion der schwarzen Sporenmasse durch Einimpfen in den Körper einer gesunden Raupe zur weiteren Entwicklung zu bringen; die auf solche Weise angesteckten Raupen blieben gesund oder starben an der Operation ohne Pilzbildung.

Die ganze Organisation der Sporen weist unzweifelhaft darauf hin, dass dieselben Dauersporen, d. h. Fortpflanzungskörper sind, welche erst durch eine längere Winterruhe ihre Keimfähigkeit erlangen, wie

sie uns von so vielen Algen und Pilzen bekannt sind. Nachdem ich in Folge der vielen während des Winters erfolglos gebliebenen Keimversuche zu dieser Ueberzeugung gelangt war, wartete ich das Frühjahr ab, um die überwinterten Raupen-Mumien in den Keimapparat zu bringen. Aber sei es nun, dass die todten Raupen, welche im warmen Zimmer in einem verschlossenen Glasfläschchen aufbewahrt worden waren, allzustark ausgetrocknet, oder dass sonst die Bedingungen des Keimens nicht richtig gewählt wurden, die Sporen des Tarichium, obwohl sie unter dem Mikroskop anscheinend normale Beschaffenheit zeigten, konnten doch lange Zeit nicht zu weiterer Entwicklung gebracht werden. Während die Tarichiumsporen unverändert blieben, sprossten auf oder um die aufgeweichten Mumien verschiedene Schimmelpilze, meist ästiger *Mucor* und *Penicillium;* auch siedelte sich in einem thönernen Keimkasten (dem Nobbe'schen Keimapparat) auf den schwarzen Flecken, welche sich in der Umgebung der aufgeweichten Mumien sofort bilden, das von Brefeld entdeckte und in so ausgezeichneter Weise erforschte *Dictyostelium mucoroides* an — der dritte Standort neben Kaninchen- und Pferdemist (Brefeld) und Milch (Bail) für diesen merkwürdigen Myxomyceten. Säte ich die zu Pulver zerbröckelte Sporenmasse auf Wasser, so trat bald Fäulniss mit Zoogloeabildung ein, und die Sporen wurden offenbar getödtet. Endlich in den letzten Tagen des Mai, nachdem inzwischen die Lufttemperatur bedeutend gestiegen war, hatten meine Bemühungen Erfolg. Die Sporen in einigen Mumien, die in feines Fliesspapier gewickelt — um sie wiederfinden zu können — in feuchter Erde einige Wochen gelegen hatten, veränderten die Beschaffenheit ihres Inhalts sichtlich. Das Oel, welches beim Reifen sich in grossen Tropfen aus dem Zellinhalt der Sporen ausgeschieden hatte, schien sich wieder gleichmässig in diesem zu vertheilen, und bildete zuletzt nur einen grossen centralen Kern- (Sporoblast-) ähnlichen Tropfen mitten im feinkörnigen, dicken Protoplasma. Der gesammte Sporeninhalt verdichtete sich ein wenig und bildete eine freie Kugel innerhalb der Sporenhäute, die erweicht und durchsichtiger erschienen (Tab. IV. Fig. 20). Endlich verschwand auch der letzte Oeltropfen im Mittelpunkt der Spore, und das Protoplasma nahm nun eine gleichmässige, stark lichtbrechende Beschaffenheit an, zeigte auch Vacuolenbildung, Formveränderung und theilweise Contractionen, welche die erwachende Thätigkeit desselben deutlich anzeigten. Endlich wurden, vielleicht in Folge dieser Contractionen, beide Sporenhäute durch eine mehr oder weniger tiefe Querspalte gesprengt: ging der Riss um die ganze Sporenkugel, so bildete der Inhalt eine kugelige oder cirunde Plasmamasse, die frei in's Wasser trat; war die Spalte

nur partiell, so quoll durch dieselbe das Plasma entweder als eine bisquitförmig eingeschnürte Masse, ähnlich wie die Zoospore von *Vaucheria*, so hervor, dass anfänglich noch die grössere Hälfte in der Spore zurückblieb. Oder es trat der Inhalt in Form eines cylindrischen Schlauchs hervor, der aus dichtem, homogenen, sehr stark lichtbrechendem vacuolenhaltigem Plasma bestand, von unregelmässigem gewundenem Contur, anscheinend von keiner Zellhaut umschlossen (Tab. VI. Fig. 2). Diese Plasmaschläuche verliessen die Sporenschale, die leer zurückblieb, traten in's Wasser, verlängerten sich in unregelmässigen Windungen und schickten kurze rechtwinklich abstehende Aeste aus (Tab. VI. Fig. 22). So fanden sich bei der Cultur auf dem Objectglase, welche ich zuletzt, um die Veränderungen der keimenden Sporen besser controliren zu können, vornahm, neben zahlreichen entleerten Sporen auch eine Menge der ausgetretenen einfachen oder verästelten Plasmaschläuche, zum Theil in sonderbaren Formen. Ob aus diesen Schläuchen die vielzelligen Gonidienketten hervorgehen, welche ich ganz ähnlich den auf pag. 66 beschriebenen in den Mumien zwischen den Sporen mehrfach antraf, konnte ich nicht sicher ermitteln.

10. Arten von Tarichium.

Aus allem oben Geschilderten geht zunächst hervor, dass unser Tarichium mit keiner der bis jetzt untersuchten im Innern von Insekten lebenden Pilzformen übereinstimmt; es unterscheidet sich von diesen einerseits durch die Bildung von Dauersporen, andererseits dadurch, dass diese Sporen sich nicht, wie in allen übrigen Fällen von Pilzkrankheit bei Insekten, an der Aussenseite der durchbohrten Cutis, sondern im Innern der Körperhöhle vollständig ausbilden. Dass jedoch Arten unserer Gattung Tarichium schon früher beobachtet worden sind, ergiebt sich aus den Abbildungen und Beschreibungen des scharfsichtigen Fresenius. In der bot. Zeitung von Mohl u. Schlechtendal v. 5. Dec. 1856, p. 889 (Notiz, Insektenpilze betreffend), sowie in der Abhandlung über die Pilzgattung *Entomophthora* (Abhandl. der Senkenbergisch. Gesellschaft Bd. II. p. 207, Tab. IX. Fig. 59—78) wird *Entomophthora sphaerosperma* Fres. aufgeführt, die Dr. Mettenheimer im Octbr. 1856 „in vielen vor der Verpuppung zu Grunde gegangenen Raupen des Kohlweissling“ entdeckt, und als wahrscheinliche Ursache ihres Todes bezeichnet hatte; Fresenius, der diese Raupen untersuchte, fand in ihrem Innern isolirte, mehrzellige engere und weitere Pilzfäden, und dazwischen kugelige Sporen mit bräunlicher mehrschichtiger Haut, $\frac{1}{50}$—$\frac{1}{37}$ mm. (0,020—0,027 mm), meist $\frac{1}{40}$ mm. (0,025 mm.) im Durchmesser, deren Zusammenhang mit den Fäden anfangs dunkel blieb; im

folgenden Jahre (1857) ermittelte jedoch Fresenius, dass die Sporen sich an den Enden und seitlich von den Mycelfäden abgliedern.

In einer vorläufigen Anzeige des von mir bei den Erdraupen beobachteten Pilzes in der Sitzung der Botanischen Section der Schlesischen Gesellschaft vom 18. November 1869 hatte ich für den letzteren wegen seiner grossen Aehnlichkeit mit dem von Fresenius beschriebenen auch dessen Speciesnamen *(sphaerospermum)* beibehalten; es sind jedoch die Sporen des Fresenius'schen Pilzes nach der eigenen Angabe dieses Autors um die Hälfte kleiner, als die unsrigen, welche ich zu 0,036 — 0,055 mm., im Mittel zu 0,050 mm. bestimmt habe. Wie überhaupt bei den Dauersporen der meisten Pilze, finde ich diese Grössenverhältnisse, wenigstens in ihrem mittleren Werthe, nach den von mir an den Sporen aus verschiedenen Erdraupen gemachten sehr zahlreichen Messungen, für constant; und da auf der anderen Seite die Genauigkeit der Messungen eines so gewissenhaften Forschers wie Fresenius umsoweniger angezweifelt werden kann, als er selbst die relative Kleinheit der Sporen bei dem Pilz der Kohlraupen als charakteristisch hervorhebt, so scheint es mir für jetzt nicht zulässig, trotz der unleugbaren, sehr nahen Verwandtschaft die Identität beider Arten anzunehmen; vielmehr ist nach Analogie des bei andern Entophyten und Entozoen üblichen Verfahrens eine specifische Differenz der auf verschiedenen Wirthen lebenden Parasiten so lange festzuhalten, als nicht eben der Mangel jeglicher morphologischer Verschiedenheit, und vor Allem das *Experimentum crucis* der Uebertragbarkeit von einem Nährorganismus zum andern, die Identität ausser Zweifel setzen. Aus diesem Grunde habe ich den Pilz der Erdraupen unter dem Namen *Tarichium megaspermum* als eine zweite Art derselben Gattung aufgestellt, in welche der Pilz der Erdraupen nunmehr als *Tarichium sphaerospermum* Fres. zu versetzen ist. Denn dass diese beiden Arten in ein besonderes Geschlecht gebracht werden müssen, ist zunächst durch die eigenthümliche Art ihrer Sporenbildung geboten und war auch bereits von Fresenius angedeutet worden, indem derselbe auf Absonderung derjenigen Arten von *Entomophthora*, welche in der geschlossenen Leibeshöhle eines Insects ihre Sporen bilden, hinwies (l. c. p. 208).

Eine dritte Species von *Tarichium (Tarich. Aphidis)* wurde von H. Hoffmann in Giessen in Blattläusen auf *Cornus sanguinea* entdeckt und ebenfalls von Fresenius als *Entomophthora Aphidis* beschrieben und abgebildet. Die kugelrunden Sporen dieser Art erfüllen, gemischt mit Mycelresten, meist die Leibeshöhle ungeflügelter Blattläuse, sind aber auch in geflügelten aufgefunden worden; sie

messen 0,033—0,044, meist 0,037—0,040 mm., stimmen also mit denen unseres *T. megaspermum* näher überein, ohne dass sich bei der Verschiedenheit der Wirthe die Identität bis jetzt nachweisen liesse.

So bildet unsere neue Gattung *Tarichium* einen eigenthümlichen, nun bereits aus drei verschiedenen Insecten, anscheinend auch in drei verschiedenen Arten bekannten Pilztypus, der zunächst mit den übrigen insektenbewohnenden Pilzen verglichen werden muss. Bei diesem Vergleich können nur die botanischen Merkmale der Pilze in Betracht kommen; denn die Krankheitserscheinungen, resp. Organverletzungen in den befallenen Insekten scheinen bei allen Pilzkrankheiten, von welcher Art sie auch herrühren mögen, wesentlich die nämlichen zu sein. Ueberall scheint das Blut in analoger Weise desorganisirt zu werden; wenigstens ist nicht nur bei dem Tarichium der Erdraupen, sondern auch bei *Botrytis Bassiana* auf Seidenraupen von Guerin Meneville (nach Robin, *Histoire des végétaux parasites p. 569 pl. VII.)* und von Vittadini (nach Lebert, Pilzkrankheit der Fliegen, p. 39; Die gegenwärtig herrschende Krankheit des Insektes der Seide, Tab. 6 fig. 29), bei der Muscardine auf *Gastropacha Rubi* von De Bary (Bot. Zeit. 1867 p. 3) das Auftreten von Krystallen oxalsauren Kalks im Blute beobachtet; bei der Muscardine ist eine saure, bei der Gattine eine schwach alkalische Reaction des Blutes direct nachgewiesen. Die Entwicklung von Bacterien und Bacteridien im Blut sterbender Raupen ist bei der Krankheit der Seidenraupen durch *Botrytis Bassiana* von Guerin Meneville, bei der Gattine und den *Morts flats* von Pasteur angezeigt. Ebenso scheint bei allen Pilzkrankheiten die Resorption des Fettkörpers durch die Pilzzellen, die Aussaugung der Eingeweide durch die Hyphen, bei vielen auch die Fleckenbildung durch schwarzes Pigment, und das Austrocknen zur Mumie in völlig gleicher Weise einzutreten.

11. Vergleich mit Botrytis und Isaria.

Der als *Botrytis Bassiana Bals. Montagne* bekannte Schimmel in der Muscardine der Seidenraupen, welcher zwar schon seit 1763 gekannt, in der dritten und vierten Decade dieses Jahrhunderts aber ganz besonders verheerend auftrat, ist seit Mitte der fünfziger Jahre in räthselhafter Weise allmählich so vollständig aus den Seidenculturen verschwunden, dass es mir, wie andern Naturforschern, schon seit langen Jahren trotz vielfältiger Nachforschungen nicht mehr gelungen ist, aus Italien oder Frankreich, den einstigen Heerden der Epidemie, auch nur ein einziges frisches Exemplar der Muscardine auf Seidenraupen zu erlangen. Dieser Mangel an Beobachtungsmaterial ist ergänzt worden durch die von

De Bary untersuchte spontane Erkrankung der Raupen von *Bombyx Rubi, Quercus, Caja, Sphinx Euphorbiae,* sowie durch eine von ihm constatirte Epidemie der Kieferspinner in den Forsten des nordöstlichen Deutschlands in Folge eines Pilzes, dessen Identität mit der *Botrytis Bassiana* durch die von De Bary (Botanische Zeitung 1867 p. 588) berichtete Uebertragung des Pilzes von *Bombyx Rubi* auf *B. Mori,* wie umgekehrt durch die schon früher Turpin und Anderen geglückte des Pilzes der Seidenraupen auf andere Raupen und Larven, in der That ausser Zweifel gestellt scheint.

De Bary gelang es, die beiden Hauptfragen in der Lehre von den Insekten tödtenden Pilzen zum Abschluss zu bringen, welche von den früheren Beobachtern nur unvollständig gelöst worden waren: 1) Auf welche Weise geschieht die Ansteckung der Insekten durch die Sporen des Pilzes, und 2) wie verhalten sich die Pilze im Innern des angesteckten bis zu ihrer Sporenbildung an der Aussenseite des getödteten Thieres? In Bezug auf die erste Frage stellte De Bary ausser Zweifel, dass die von Aussen angeflogenen Sporen der Botrytis (Kugelconidien) auf der Haut der Raupe keimen, ihre Keimschläuche durch die Haut hindurchbohren und nun im Innern des Insekts strahlig sich verästelnd, zwischen den Läppchen des Fettkörpers ein Mycel bilden, von dessen weiterer Entwicklung die Krankheitserscheinungen ausgehen. Die Verbreitung des Pilzes im Blute geschieht, wie De Bary in Bestätigung und Vervollständigung der Vittadini'schen Untersuchungen nachwies, nicht in Folge einer Durchwucherung des eingedrungenen Mycels, welches vielmehr von der Eintrittsstelle aus sich höchstens einige Millimeter weit ausbreitet, sondern durch köpfchenartige Abschnürung zahlloser Cylinderconidien auf den Spitzen der Hauptäste oder auf kurzen Sterigmen; die Conidien lösen sich ab und erzeugen selbst wieder neue secundäre, diese alsbald tertiäre Cylinderconidien in solcher Anzahl, dass das Blut, in welchem sie sich verbreiten, von ihnen weisslich gefärbt scheint. Endlich hört die Bildung der Cylinderconidien auf; diese wachsen zu ästigen Mycelfäden aus, die zu einem massigen Geflecht verbunden, das Blut und alle Organe aufzehren, den Körper ausstopfen, und so den Tod des Thieres 10—12 Tage nach der Ansteckung herbeiführen, schliesslich die Haut desselben wieder durchbohren und auf der Aussenseite wieder Kugelconidien (Sporenköpfchen) erzeugen.

Nach den durch Tulasne in die Mykologie eingeführten Anschauungen über die Polymorphie der Fruchtbildung bei den Ascomyceten ist der hier dargelegte Entwicklungskreis der *Botrytis Bassiana* insofern kein vollständiger, als neben den Conidienträgern noch ein

Fruchtstand mit Ascosporen zu erwarten ist; als solcher wird nach der Vermuthung von de Bary und Brefeld (Bot. Zeit. 1869 p. 590 und 768) die von Tulasne auf todten Maikäfern gefundene *Melanospora parasitica*, oder eine dieser ähnliche Form bezeichnet, welche jedoch Bail in der Sitzung der Bot. Sect. der Naturforscherversammlung in Innsbruck vom 31. September 1869 als höhere Fruchtform zu *Isaria farinosa* gezogen hat. Letztere *Isaria*, welche von Hartig (Mittheil. über die Pilzkrankheiten der Insecten im Jahre 1868) und Bail (Ueber Pilzepizootieen der forstverheerenden Raupen 1869), sowie von de Bary (Bot. Zeitung 1869) vorzugsweise in den Raupenepidemieen der norddeutschen Kieferwälder beobachtet ist, überzieht die von ihr getödteten Raupen bald als weisser Schimmel, bald erhebt sie sich auf ihrem Körper in Form blass orangefarbener, 1 Centim. hoher Knäulchen, bald dicker, 1,5—2 Centim. hoher, lebhaft orangerother Körper, welche an der Spitze Conidientragende Zweige garbenähnlich ausbreiten. Die von de Bary gegebene Entwicklungsgeschichte stimmt vollständig überein mit der von *Botrytis Bassiana*, bis auf den Umstand, dass die auf der Haut keimenden Kugelconidien nicht durch diese sich hindurchbohren, sondern durch die Stigmen der Haupttracheenstämme eingeführt werden. Als Perithecien-Form von *Isaria farinosa* wird von Bail, Hartig und de Bary *Cordiceps militaris* vermuthet; doch ist die Zusammengehörigkeit noch zweifelhaft. (Vgl. de Bary, Bot. Zeit. 1869 p. 604; Bail, l. c. p. 12 und 22.)

So mancherlei Analogieen nun auch die durch *Isaria* und *Botrytis*, sowie die durch den echten *Cordyceps militaris*, möge derselbe nun zu diesen „Vorläufern" gehören oder nicht, veranlassten Epidemieen zu der von uns bei den Erdraupen beobachteten Krankheit bieten, so kann doch von einer näheren Verwandtschaft der Pilze offenbar nicht die Rede sein.

12. Entwicklungsgeschichte von Empusa.

Weit innigere Beziehungen zeigt unser *Tarichium* zu *Empusa*. Als ich im Jahre 1854 den ersten Versuch machte, eine längst als epidemisch bekannte Krankheit der Stubenfliegen auf die Entwicklungsgeschichte eines parasitischen Pilzes, meiner *Empusa Muscae*[1]), zurück-

[1]) Fresenius und Lebert glaubten den von mir gewählten Namen *Empusa* in *Entomophthora* resp. *Myophyton* umändern zu müssen, weil jener bereits früher an eine Heuschreckengattung vergeben sei; ich finde jedoch, dass das Verbot homonymer Gattungsnamen in beiden Naturreichen als unausführbar längst aufgegeben worden ist, und glaube daher, an der auch wohl in der Literatur eingebürgerten *Empusa* festhalten zu dürfen.

zuführen, waren die bahnbrechenden Arbeiten von Tulasne über Polymorphismus der Brandpilze noch unbekannt. Damals konnte ich den Anfang des Fliegenpilzes nicht über das Auftreten zahlloser, freier kugeliger Zellen im Blute kranker Fliegen zurückführen, während deren weitere Entwicklung bis zu den Conidien, welche auf der Oberfläche der von ihnen getödteten und gesprengten Thiere abgeschnürt und fortgeschleudert werden, sich dann vollständig feststellen liess. Lebert in seinen Untersuchungen über die Pilzkrankheit der Fliegen (Zürich 1856) kam zu den gleichen Ergebnissen. Gebannt an die bis dahin in der Mycologie noch unerschüttert geltenden Anschauungen über Mycel- und Sporenbildung der Hyphomyceten, glaubte ich mich genöthigt, die Entstehung der von Anfang an isolirt auftretenden Empusazellen durch freie Zellbildung im Blute anzunehmen, wie sie damals für die Hefezellen noch durch Schleiden, Mohl und Naegeli gelehrt wurden. Als jedoch noch vor Beendigung des Druckes meiner Empusaabhandlung Tulasne's *Mémoire sur les Urédinées et les Ustilaginées (Ann. d. scienc. nat. 4 sér. t. II. 1854)* mir zur Hand kam und völlig neue Thatsachen über die Entwicklung mikroskopischer Organismen enthüllte, beeilte ich mich, in einer Nachschrift zu meiner Abhandlung *(Nova Acta Acad. Car. Leop. nat. cur. vol. XXV. P. I.)* die Vermuthung auszusprechen „dass im Innern oder auf der Aussenseite einer Fliege wenige, daher leicht zu übersehende Empusa-Sporen zur Entwicklung gelangten, und zwar zuerst, gleich den Brandpilzen, kurze Keimschläuche treiben, dass dann diese auf irgend eine Weise eine grosse Anzahl kleiner, aber ganz verschieden gebauter Zellchen (Sporidien) hervorbrächten, die später zu vollständigen Empusen auswüchsen; alsdann liesse sich allerdings auch das massenhafte Auftreten von freien kleineren Empusazellen erklären, ohne dass der Eintritt eben so vieler Empusa-Sporen oder eines ausgebreiteten Mycelium dazu erforderlich ist“ (l. c. p. 356, Carton a—c.).

Bei der grossen Schwierigkeit, den ersten Beginn der Krankheit bei den Stubenfliegen zu erkennen, und der Unmöglichkeit, durch künstliche Bestäubung oder Fütterung mit Empusasporen die Krankheit erfolgreich hervorzurufen, war es mir nicht gelungen, diese Vermuthung durch directe Beobachtung zu erproben.

Nur die früh erlöschende Keimfähigkeit der Empusaconidien, welche ich nur bis zu einem Anfangszustande (der sogenannten Häutung der Spore oder Bildung einer secundären Spore (vgl. meine Empusaabhandlung Tab. XI. fig. 17; Lebert, Pilzkrankheit der Fliegen, Tab. III. fig. 31) hatte verfolgen können, und das Auftreten der Empusakrankheit an anderen *Dipteren* auch in den Sommermonaten wurde von mir

noch nachträglich ermittelt. Als sich im Mai 1869 eine Zwergcicade, *Jassus sexnotatus* in den Getreidefeldern Schlesiens so ausserordentlich vermehrt hatte, dass diese Thierchen die Halme wie ein schwarzer Staub bedeckten und unter den Landwirthen allgemeinen Schrecken erregten, fand ich von Mitte bis Ende Juni zahlreiche Exemplare von einer kleinen Empusa hinweggerafft. Die vom Pilz getödteten Cicaden liessen sich dadurch erkennen, dass sie an den Blättern der Getreidepflanzen festhafteten, ihre vier Flügel wie zum Fluge ausgebreitet. In feuchter Luft brachen bald nach dem Tode die schlanken Empusaschläuche durch die Haut des todten *Jassus,* hüllten den aufgeschwollenen Körper in einen sammetartigen weissen Schimmelüberzug und streuten zahllose, von einer Hülle umgebene, nur 0,02 mm. grosse kugelige Conidien aus, welche sofort Keimschläuche trieben.

Inzwischen war von Fresenius *Empusa* auch auf Heuschrecken, Tenthredolarven und Mücken entdeckt worden; Bail hatte diesen Pilz 1867 und 68 als „einen Retter der Forstculturen nachgewiesen, indem in der Tuchler Heide auf Tausenden von Morgen die gefrässige Forleule *Noctua piniperda* durch eine Empusa so gut wie vernichtet wurde." Die erste Beobachtung epidemischer Empusa in Raupen wurde nach Bail's Nachweisung (Ueber Pilzepizootieen p. 1) von Frauenfeld bei *Euprepia aulica* im Frühjahr 1835 gemacht, aber von diesem erst 1849 publicirt und 1858 von Reichardt auf eine Empusa *(E. Aulicae)* zurückgeführt. Noch älter ist die Veröffentlichung unseres ausgezeichneten Entomologen und Künstler Assmann im fünften Bericht des Schlesischen Tauschvereins für Schmetterlinge 1844, über das Absterben und Schimmeln der Raupen von *Euprepia aulica:* „die Raupen schwellen erst zu ungewöhnlicher Dicke, dann zeigt sich der Schimmel in Gestalt eines weissen feinen Staubes auf der Haut, wächst dann innerhalb weniger Stunden über die Borsten hinweg oder doch wenigstens diesen gleich. Bricht man die Raupe auseinander — sie werden nämlich durch den Schimmel ganz steif und hart, — so findet man sie inwendig ganz mit derselben Substanz ausgefüllt. Selbst Puppen sind von diesem Schimmel nicht befreit."

Als ich die Assmann'schen Beobachtungen 1855 in meiner Empusaarbeit (l. c. p. 350) wieder abdruckte, bezog ich dieselben irrthümlich auf die echte Muscardine. Erst in diesem Jahre (30. April 1870) erhielt ich durch Herrn Assmann eine Anzahl todter Raupen der *Euprepia aulica,* welche in seiner Kultur vor, einige selbst nach der Verpuppung sämmtlich zu Grunde gegangen und in der oben beschriebenen Weise verschimmelt waren, wobei ich mich leicht überzeugte, dass wir es hier mit Reichardt's *Empusa Aulicae* zu thun haben.

Die mir übergebenen Raupen hingen ziemlich fest aneinander, wie zusammengebacken, und waren, wie sie Assmann geschildert, mit weissem sammtartigem Ueberzug bedeckt, aus dem die rothen und schwarzen Haare nur mit den Spitzen hindurchragten; Mycel und Conidien hatten bereits ihre Keimfähigkeit verloren, in Wasser oder in feuchter Luft faulten die Raupen sofort. Nur eine Puppe erhielt ich in frischem Zustande, deren Inneres mit freien kugeligen Pilzzellen vollgestopft war; Tags darauf wurde die schwarze Puppenhaut in unregelmässig gewundenen, erst vereinzelt, dann über die ganze Oberfläche sich hinziehenden Querrissen gesprengt; durch diese traten die fructificirenden Schläuche in gewundenen, allmählich zusammenfliessenden weissen Linien, ca. 1 mm. hoch, heraus und schleuderten eiförmige, mit stumpfer Papille versehene Conidien von 0,03 mm. (0,027—0,038 mm.) im längeren und 0,024 mm. (0,02—0,027 mm.) im kürzeren Durchmesser im Umkreis von mehreren Zoll umher. Auf bethautem Glase bildeten die Conidien nach wenigen Stunden von einem oder mehreren Punkten ihrer Oberfläche ausgehende grosse, 0,005 mm. dicke Keimschläuche, die jedoch nach kurzer Entwicklung abstarben. Zu Ansteckungsversuchen fehlte es mir an geeignetem Material.

Die Entwicklungsgeschichte von *Empusa* ist in neuester Zeit durch die bis jetzt nur in einer vorläufigen Mittheilung bekannt gewordene Untersuchung von Oscar Brefeld an den Raupen des Kohlweisslings *(Pieris Brassicae)* in den wichtigsten Punkten ergänzt worden. (Ueber *Empusa muscae* und *E. radicans,* Botan. Ztg. 1870 No. 11. 12.) Brefeld inficirte gesunde Kohlraupen, indem er dieselben in Wasser brachte, das frische Empusasporen in Masse enthielt; er verfolgte die Keimung dieser Sporen auf der durchsichtigen Haut der Raupe; er sah diese von dem Keimschlauch durchbohrt, welcher in Schlangenwindungen am dritten Tage bis zum Fettkörper vordringt und sich dann in einen Zellfaden theilt, während das Protoplasma aus der Spore in die Endzelle des Fadens einwandert. Letztere schickt zahlreiche dicke Aeste aus, welche in einem Tage den ganzen Fettkörper mit dem dichtesten Hyphengeflecht ausfüllen. Die fortwachsenden Enden gehen in das den Fettkörper frei umspülende Blut; kleine, zufällig vom Hauptmycel getrennte Seitenäste werden vom Blutstrom fortgerissen und durch den Körper verbreitet; sie entwickeln sich einzeln im Blut der lebenden Raupe zu einem normalen Mycel und füllen, Darm und Tracheen ausgenommen, den Körper derselben aus, so dass „die Raupe in der Masse des Pilzes erstarrt." Auf der Unterseite der todten Raupe brechen Bündel septirter Heftfasern, auf der Oberseite die Sporen bildenden Schläuche hervor. Die spindelförmigen Conidien haben ganz

andere Form und Dimensionen, als die der *Emp. Aulicae*; jene nach Brefeld 17,6 Mikromm. Länge, 5,4 Breite. diese 30 Mikromm. Länge, 24 Mikromm. Breite; die Conidie von *E. Muscae* ist 22—33, im Mittel 25 Mikromm., die von *Jassus* 20 Mikromm. lang und breit.

Brefeld übertrug die Krankheit der Kohlraupen auch auf Fliegen, giebt aber keine nähere Beschreibung ihres Verhaltens. Dagegen gelang es ihm, die Stubenfliegen auch durch Zusammenbringen mit Exemplaren, die an *Empusa Muscae* gestorben, anzustecken[1]), und das Eindringen des Keimschlauches der Empusaspore durch die Haut in die Leibeshöhle hinein zu beobachten. Das eingedrungene Ende des Keimschlauchs stellt eine grosse Zelle dar, die sich durch hefenartige Sprossung vermehrt; die Tochterzellen trennen sich von der Mutterzelle und siedeln sich im Fettkörper an; jede wird wiederum zur Mutterzelle, und indem die Vermehrung durch eine Reihe von Generationen fortdauert, wird die Zahl der Pilzindividuen eine sehr bedeutende. Endlich hört die Vermehrung der Pilzindividuen auf; ein jedes derselben wächst in bekannter Weise schlauchartig aus und wird zu einem Sporen tragenden Faden. Gewissermassen das Ideal einer Kugelspritze, schleudert nach diesen Untersuchungen eine mit fructificirenden Empusen bedeckte Fliege oder Raupe in ununterbrochenem, Stunden lang anhaltendem Feuer in weitem Umkreise, nach allen Richtungen hin gleichzeitig, einen Kugelregen von Sprenggeschossen, welche in den Leib jeden Opfers, das sie erreichen, die tödtliche Ladung hineintreiben.

13. Verhältniss von Empusa zu Tarichium.

Als ich zuerst das Zerfallen der Gonidienketten bei den jungen Tarichien ermittelt, drängte sich mir sofort die Vermuthung auf, es möchten die freien Empusazellen im Blute frisch erkrankter Stubenfliegen eine ähnliche Entstehung haben. Indess stimmt die Art und Weise, wie sich die Keimschläuche der Empusa im Innern der Kohlraupen und der Fliegen nach Brefeld vermehren sollen, weder untereinander, noch mit den Vorgängen bei den Erdraupen überein. Ich habe bei letzteren weder zufällige Loslösung von Mycelästen, wie sie bei *Empusa radicans,* noch hefenartige Sprossung, wie sie bei *Empusa Muscae* stattfinden soll, gefunden, sondern das Zerbrechen einer aus wiederholter Quertheilung hervorgegangenen einfachen oder verzweig-

---

1) Meine eigenen gleichartigen Versuche missglückten, weil ich den Versuch aufschob, bis die Empusaepidemie unter den Stubenfliegen erloschen schien, um die Möglichkeit spontan erkrankter Subjecte auszuschliessen (l. c. p. 342). Ich übersah dabei, dass nur frische Sporen keimen.

ten Zellenreihe in ihre einzelnen Glieder; ich habe diesen Vorgang schon oben als Gonidienbildung bezeichnet.

Das Charakteristische der von Schroeter bei zahlreichen Fadenpilzen verfolgten Vermehrung durch Gonidien besteht eben darin, dass ein Mycelfaden ganz oder theilweise in eine Reihe von Zellen zerfällt, welche aus ihm durch Theilung entstanden sind, im Gegensatz zur Bildung der Conidien, welche auf Sprossung beruht. H. Hoffmann und Bail haben zuerst die Gonidienbildung bei *Mucor* nachgewiesen, ersterer bei *Mucor ? melittophthorus* in kranken Bienenmagen (Hedwigia 1857 No. 19), letzterer an einem *Mucor,* der in einem flüssigen Medium (Bierwürze) gekeimt und ein sogenanntes Wasser- oder Schizomycelium entwickelt hatte (Flora 1857 No. 27. 28); er sah auch die Ketten der Mucorgonidien in kugelige Glieder zerfallen (daher Gliederhefe), leitete jedoch ihre Vermehrung von Sprossung nach Art der echten Bierhefe ab. Bekanntlich haben die in der Cultur von Fäkalstoffen gezüchteten Mucorgonidien in der jüngsten Geschichte der Mykologie und Nosologie ein gewisses Aufsehen gemacht, indem sie als Oidiumform eines Cholerapilzes bezeichnet wurden (vgl. meinen Aufsatz über Choleradejectionen, Jahresbericht der Schles. Gesellschaft Bot. Section für 1867 p. 124; Schroeter über Gonidienbildung bei Fadenpilzen, Jahresbericht der Bot. Section für 1868 p. 135; sowie insbesondere den Bericht von De Bary über Cholerapilze in der Botan. Zeitung 1868 p. 738 seq.). Vermehrung durch Gonidien entdeckte Caspary an einem in Wasser gewachsenen Fusisporium und bezeichnete sie als Arthrosporen (Monatsb. der Berl. Akad., Mai 1855); auch die Oidien der Erysipheen gehören in die Klasse der echten durch Theilung der Hyphen entstandenen Gonidien, wie zuerst Mohl für den Traubenpilz nachgewiesen (Botan. Zeit. 1853 p. 591, Tab. XI.); vergl. Tulasne *(Select. Fung. carpol. I. Icones);* De Bary über *Oidium lactis* (Bot. Zeit. 1868 p. 741). Die Vermehrung der Tarichiumzellen im Innern der Raupen stimmt ganz mit der Entwickelung der Mucorgonidien im Innern von Flüssigkeiten, sowie der in der Luft gebildeten Oidien überein [1]).

---

[1]) Nur als zweifelhaft ziehe ich in den Kreis der Gonidienbildung eine Beobachtung, deren Kenntniss ich meinem verehrten Gönner und Freunde Prof. v. Siebold verdanke. Derselbe sandte mir im August 1868 aus Berchtesgaden ein Objectglas, auf welchem das Blut einer kranken Wespe *(Polistes gallica)* eingetrocknet war; die Substanz war undurchsichtig weisslich; im Wasser vollkommen aufquellend, zeigte sie unter dem Mikroskop zahllose cylindrische oder stäbchenförmige, nach beiden Enden abgerundete farblose Pilzzellen von verschiedener Länge, 0,015—0,03 mm., im Mittel 0,021 mm., in Breite 0,005—0,006 mm..

Ich bin augenblicklich noch nicht im Stande festzustellen, in wie weit die freien Empusazellen, welche sich beim Beginn der Pilzkrankheit in den Fliegen und auch in den Raupen von *Euprepia aulica* finden und dem Blut derselben in diesem Stadium eine mehlartige Beschaffenheit verleihen, sich ihrer Entwicklung nach den zerfallenden Gonidienketten von Tarichium vergleichen lassen. Eine Analogie beider Gebilde ist mir aber wahrscheinlich, und macht es begreiflich, dass von mehreren unserer bedeutendsten Mycologen die Identität von *Empusa* und *Mucor,* sowie von der auch zur Gonidienbildung befähigten *Achlya* angenommen worden ist. (Vergl. Hoffmann, Ueber *Saprolegnia* und *Mucor*, Bot. Zeit. 1867 p. 345; Bail, Hedwigia 1867 No. 12; De Bary, Beiträge 1866, II. p. 21.) Bail hat auch die Sporen von *Tarichium* für Mucorgonidien erklärt, was sicher nicht geschehen wäre, wenn er erstere nicht blos aus der Darstellung von Fresenius gekannt hätte. Ich selbst halte diese Ansichten für irrig und freue mich mit Brefeld in der Ueberzeugung übereinzustimmen, dass *Empusa, Mucor* und *Saprolegnia* zwar verwandte, aber generisch durchaus verschiedene Pilzgattungen sind, die unter einander in keinem entwicklungsgeschichtlichen Zusammenhange stehen (Brefeld, Ueber *Empusa,* Bot. Zeit. 1870 p. 184).

Dagegen hat sich mir im Verlauf dieser Untersuchung die Vermuthung entgegengedrängt, ob nicht *Empusa* und *Tarichium* in der That in den Entwicklungskreis eines und desselben Pilzgeschlechts gehören, wie dies bereits Fresenius — wenn auch seinerseits ohne hinreichenden Grund — dadurch ausgesprochen hatte, dass er beide Formen in seiner *Entomophthora* provisorisch vereinigt hatte.

Ich lege hierbei weniger Gewicht auf das schlauchartige Mycel dieser Pilze, das sich ebenso auch bei den Mucorineen und Peronosporeen findet, oder auf die Analogie, welche die freien wie die auskeimenden Gonidien im Vorbereitungsstadium der Erkrankung bei *Tarichium* und *Empusa* zeigen. Ich halte mich vielmehr hauptsächlich an die That-

---

Viele dieser Stäbchenzellen waren durch Scheidewände quer getheilt, bald in zwei gleiche, bald in ungleiche Hälften; die meisten Exemplare zeigten auch Beginn von Keimung, indem bald an einem, bald aber auch an beiden Enden gleichzeitig kurze, dünne, gewundene Keimschläuche (0,015 mm. lang) hervorsprossten (vgl. Tab. IV. Fig. 1—3). Einen höheren Entwicklungszustand bot das Präparat nicht, und muss ich dahingestellt sein lassen, ob wir es hier mit jungen, in Theilung und Auskeimung begriffenen Gonidien einer Empusa, oder mit Entwicklungszuständen eines noch nicht genauer untersuchten besonderen Pilztypus zu thun haben. Vielleicht dient obige Mittheilung dazu, Bienenzüchter oder andere Entomologen auf diese Pilzbildung im Blute der *Hymenopteren* aufmerksam zu machen.

sache, dass nach unserer bisherigen Kenntniss offenbar die Entwicklungsgeschichte von *Empusa* und *Tarichium*, jede für sich, unvollständig ist. Die sogenannten Sporen von *Empusa* sind Conidien, welche nur im frischen Zustande keimen und durch Austrocknen oder durch die Winterruhe ihre Entwicklungsfähigkeit verlieren. Andererseits sind die Sporen von *Tarichium* Dauer- oder Teleutosporen (vielleicht Oosporen?). Der Gedanke liegt nahe, dass beide Fructificationen sich ergänzen; dass mit anderen Worten *Empusa* die Conidienform eines Pilzes sei, dessen Teleutosporenform unser *Tarichium* darstellt. Ist diese Vermuthung richtig, so verhalten sich *Empusa* und *Tarichium* gewissermassen wie *Oidium* zu *Erysiphe,* wie *Uredo* zu *Puccinia* etc., vielleicht wie die epiphytischen Conidienstiele von *Peronospora* zu deren endophytischen Oosporen.

Allerdings sind bis jetzt die Arten von *Empusa* und *Tarichium* grösstentheils in verschiedenen Insecten gefunden worden; wir kennen noch keine Fliege mit *Tarichium,* keine Blattlaus und Erdraupe mit *Empusa.* Aber die Kohlraupe, an welcher Fresenius 1856 sein *Tarichium (Entomophthora) sphaerospermum* beschrieben, ist das nämliche Thier, an dem Brefeld 1869 seine *Empusa radicans* entdeckte; auffallend ist dabei, dass beide Beobachtungen in derselben Jahreszeit (Herbst) gemacht sind.

So viel Wahrscheinlichkeit unsere Vermuthung für sich zu haben scheint, so muss ich doch daran erinnern, dass bis jetzt der Beweis noch nicht geführt ist, so lange es noch nicht gelang, durch die Aussaat von Empusasporen Tarichium hervorzurufen oder umgekehrt. Die eigenthümliche Keimung der Tarichiumsporen steht unter den wenigen bis jetzt bekannten Entwicklungsgeschichten von Dauersporen noch sehr isolirt; ich weiss für dieselbe kein Analogon, als De Bary's Beobachtung bei *Peronospora densa* und den als *Plasmatoparae* bezeichneten Arten, bei denen das Plasma aus der keimenden Conidie nackt austritt, und erst nachträglich sich mit einer Zellhaut umkleidet. In der freien Natur müssen offenbar die mehrere Zoll unter der Erde begrabenen, von *Tarichium* mumificirten Erdraupen im Laufe des Winters vermodert, die Sporen dadurch in Staubform freigemacht sein, ehe dieselben bei Beginn der wärmeren Jahreszeit keimfähig werden. Es lässt sich vermuthen, dass die im Anfang des Frühlings aus dem Winterlager heraufkommenden Erdraupen mit dem Sporenstaube in Berührung kommen. Wandern die von uns beobachteten Keimschläuche durch die Haut in die Leibeshöhle der Raupen, so brauchen sie sich nur zur Theilung anzuschicken, um sich in Gonidienketten aufzulösen. Ob aus diesen wieder eine Tarichiumgeneration oder zunächst eine Generation

von Empusaconidien hervorgeht, wird hoffentlich sich ermitteln lassen, sobald die Aufmerksamkeit allgemeiner auf diese merkwürdigen Parasiten gelenkt sein wird. Sollte die Zusammengehörigkeit von *Empusa* und *Tarichium* sich später herausstellen, so würde natürlich die letzte ihr Gattungsrecht aufgeben, und eben nur zur Bezeichnung einer besonderen Fruchtform, die vielleicht in verschiedenen Species, sicherlich in verschiedenen Generationen der Insecten auftrit, als ein Formgenus (De Bary, Handbuch p. 173) nach Analogie von *Oidium, Isaria, Uredo, Aecidium* etc. beizubehalten sein. Für jetzt muss jedoch die Selbstständigkeit der Gattung *Tarichium* noch festgehalten werden. Aus der Schilderung der Verwüstungen, welche nach den im Eingange dieses Aufsatzes gegebenen Mittheilungen die Erdraupe in unseren Feldern anrichtet, ist *Tarichium,* insofern es deren Vermehrung in Schranken hält, unter die culturfördernden Pilze zu zählen.

Die Stellung im Pilzsystem, welche *Empusa* und *Tarichium* anzuweisen ist, lässt sich endgültig nicht bestimmen, so lange deren Zusammengehörigkeit nicht ausser allem Zweifel steht. Nur soviel steht fest, dass diese Pilze zu den Phycomyceten gehören, also in eine Klasse mit den Chytridiaceen, Saprolegniaceen, Peronosporeen, Mucorineen. Welcher dieser Abtheilungen unsere Insectenpilze am nächsten stehen, darüber lassen sich gegenwärtig nur Vermuthungen aufstellen, die den Mangel einer vollständigen Kenntniss nur ungenügend ersetzen. Die Aehnlichkeit, welche *Tarichium* in der Bildung seiner Sporen mit *Protomyces,* sowie mit der merkwürdigen *Endogone* (Tulasne, *Fungi hypogaei, Tab. XX.)* zeigt, entspricht sicher keiner näheren Verwandtschaft.

14. Diagnose von Tarichium.

Mycelii entozoi tubi liberi ampli torulosi simplices vel septati achroi ramosi ramis sparsis patentibus protoplasmate oleoso, in insecti cujusdam sanguine evoluti, quo absorbto omnibusque organis exhaustis, cavum corporis — alvo et tracheis exceptis — prorsus explent, morbum denique mortem efficiunt, post fructificationem nigrescunt, maxima ex parte evanescunt.

Propagationis Organa:

1. hypno- vel teleutosporae (oosporae?) numerosissimae in insecti interiore corpore evolutae nunquam libere erumpentes in tubis mycelii terminales vel laterales globosi breviter stipitatae, maturae protoplasma oleosum continentes, endosporio achroo episporio nigro-brunneo valido plicato-incrassato munitae, per hiemem quiescentes, germinando tubum simplicem mox ramosum protoplasmaticum protrudentes, qui insecti cujusdam cutim penetrare videtur.

2. *gonidia, tuborum primordialium in seriem cellularum moniliformem simplicem vel ramosam divisarum et in articulos globosos vel ovales secedentium partitione succedanea orta, sanguinem morbi initio creberrime replentia, ante mortem singula in mycelium sporiferum excrescentia.*

Status Conidiophorus an Empusa?

Tarichium megaspermum Cohn in Agrotidis segetum erucis hieme, sporae diameter 0,05 mm. (0,036—0,055 mm.).

Tarichium (Entomophthora) sphaerospermum Fresen., sporae diameter 0,025 mm. (0,02—0,027 mm.) in Pieridis Brassicae erucis hieme Mettenheimer.

Tarichium (Entomophthora) Aphidis Fresen. Sporae diameter 0,04 mm. (0,033—43 mm.) in Aphidis Corni larvis Hoffmann.

Breslau, 1. Juni 1870.

Erklärung der Abbildungen.

Tabula IV.

Fig. 1—3. Pilz aus dem Blute einer Wespe (Polistes gallica).

Fig. 1. Cylindrische Pilzzellen verschiedener Grösse.

Fig. 2. Theilung der Zellen.

Fig. 3. Bildung von Keimschläuchen: a. an einer ungetheilten Pilzzelle an beiden Enden; b. an einer getheilten ebenfalls an beiden Enden; Fig. c. d. an ungetheilten Pilzzellen nur an einem Ende.

Fig. 4—10. Tarichium megaspermum.

Fig. 4a. Blut einer kranken Erdraupe *(Agrotis segetum)* mit schwärzlichen Pigmentkörperchen und Rhaphidenbüscheln; 4b. einfacher, c. Zwillingskrystall aus dem Blute.

Fig. 5. Pilzzellen im Blute (von eingedrungenen Keimschläuchen herstammend?) a. kugelig; b. c. d. cylindrisch, zum Theil gekrümmt; e. S-förmig; f. zickzackartig gebogen; g. mit beginnender Quertheilung; h. dreigablig, die Enden durch Querscheidewände abgegliedert; i. in Gonidien sich auflösend.

Fig. 6. Bildung der Gonidienketten; a. zweigliedrig; b. Oidiumartige Reihen von Zellen bildend, die sich kugelig abrunden; bei * ein zur Seite gedrängtes Gonidium; c. d. e. f. Gonidienketten, einfach oder sich verästelnd, in die einzelnen, bald kugeligen, bald cylindrischen, bald grösseren, bald kleineren, durch Quertheilung sich beständig vermehrenden Glieder zerfallend.

Fig. 7. Aeussere Darmwand der Raupe mit kugeligen Gonidien dicht bedeckt; b. c. isolirte Gonidien.

Fig. 8. Keimung der Gonidien kurz vor dem Tode der Raupe; a. Keimschlauch an einem, b. an beiden Enden der Gonidie; c. d. e. Keimschläuche an der Ursprungsstelle rechtwinklig verästelt.

Fig. 9. Ausgewachsenes Gonidium, dessen mehrfache Enden durch Quertheilung wieder Gonidien erzeugten.

Fig. 10. Mycelbildung aus gekeimten Gonidien: dichotom verzweigte Schläuche, deren Aeste theils wurzelähnlich, theils durch Quertheilung in Gonidienketten gebildet, theils durch Anschwellung zur Sporenbilduug sich vorbereitend.

Sämmtliche Figuren sind 400mal vergrössert.

Tabula V.

Tarichium megaspermum.

Fig. 1. Mycel in der absterbenden Raupe; einzelne Enden der Schläuche sind kugelig aufgeschwollen, im Begriff sich zu Dauersporen umzubilden; bei * bildet sich eine Doppelspore. 250.

Fig. 2. Ende eines Mycelastes, zur Spore sich umbildend. 400.

Fig. 3. Desgl.; die in Entwicklung begriffene Spore communicirt noch mit der Höhle des Mycelfadens. 400.

Fig. 4. Mycel aus einer todten Raupe, quergetheilt, mit Plasma und Oel gefüllt; bei * eine Spore in der Entwicklung, noch mit dem Schlauch communicirend; die grössere Spore ist von einem Mycelaste hakenförmig nach Art einer Antheridie (?) umgeben. 400.

Fig. 5. Doppelsporen an einem Mycelfaden, die obere Spore ist bereits ausgebildet, die untere erst in der Entwicklung begriffen. 400.

Fig. 6. Dauerspore mit kurzem Sterigma an einem abgerissenen Mycelast sitzend. 400.

Fig. 7. Sehr kleine Spore mit kurzer Papille. 400.

Fig 8. Eine etwas grössere mit stärker entwickelter Papille. 400.

Fig. 9. Doppelspore, unregelmässig ausgebildet. 250.

Fig. 10. Spore mit Papille an einem Mycelast hängend, dessen Haut sich bereits dunkel gefärbt hat. 400.

Fig. 11. Doppelspore; die Spore links zeigt im Centrum eine verdünnte Stelle, dem Anheftepunkte entsprechend; die Spore rechts ist durchsichtig gemacht, um die Beschaffenheit des ölreichen Inhalts zu zeigen. 400.

Fig. 12. Spore mit gewundenem Episporium und abgerissenem Sterigma. 400.

Fig. 13. Spore zerquetscht; das braune Episporium ist unregelmässig gesprengt und lässt das darunter befindliche farblose Endosporium unterscheiden. 250.

Fig. 14. Eine Spore nach der Winterruhe in Kali durchsichtig geworden, um das Episporium und das darunter befindliche, verdickte Endosporium, sowie den Inhalt zu zeigen. 250.

Fig. 15. 16. Das Episporium ist durch vorsichtiges Wälzen der Spore abgestreift und lässt den ölreichen Sporeninhalt nur von dem Endosporium bedeckt erkennen, das in Folge der Rollung elliptische Form angenommen hat. 250.

Fig. 17—19. Raupen von *Agrotis segetum* durch *Tarichium* getödtet; Fig. 17. eine halbtodte Raupe, vorn schwarz, hinten grau; Fig. 18. ganz schwarz, bald nach dem Tode; Fig. 19. Dieselbe zur schwarzen Mumie eingeschrumpft; natürl. Grösse.

Fig. 20. Spore mit Vorbereitung zur Keimung. Der Sporeninhalt hat sich zu einer Plasmakugel verdichtet, mit einem centralen Oeltropfen. 250.

Fig. 21. (Auf Tab. VI.) Der Sporeninhalt tritt als Plasmaschlauch aus der gesprengten Sporenhaut. 250.

Fig. 22. (Auf Tab. VI) Verlängerter und verästelter Keimschlauch, anscheinend nur aus Plasma bestehend, aus der entleerten Spore ausgetreten. 250.

Ueber die Stammfäule der Pandaneen.

Von

Dr. J. Schroeter.

Allen, die sich mit der Cultur von Pandaneen befassen, ist es bekannt, dass diese Gewächse häufig von einer Krankheit ergriffen werden, in deren Verlauf der Stamm zu faulen beginnt und schliesslich gewöhnlich ganz zu Grunde gerichtet wird.

Als in diesem Frühjahr ein schöner Pandanus des hiesigen botanischen Gartens erkrankte und endlich rettungslos abstarb, wurde mein Interesse auf diese Krankheit gerichtet, und ich fand bei Durchsicht der früheren Gartenbau-Literatur, dass sie schon seit langer Zeit bekannt und gefürchtet, auch schon mehrmals beschrieben und eingehend erörtert worden ist.

Die älteste Mittheilung, die mir darüber zu Gesicht gekommen, ist aus dem Jahre 1836 von Sinnig, damaligen Inspector des botanischen Gartens zu Poppelsdorf[1]). Der Verfasser beruft sich auf das häufige Vorkommen der Krankheit und die grosse Furcht, welche die Gärtner vor ihr haben. Der kranke *Pandanus utilis*, der seiner Beobachtung zu Grunde lag, wurde zuerst dadurch auffällig, dass bei ihm die obersten Blätter gelbfleckig wurden und abstarben. Bei Revision der Krone fanden sich die innersten Blätter derselben, das sogenannte Herz, in Fäulniss übergegangen, während die Blätter, die dasselbe umschlossen, verhältnissmässig gesund waren. Von diesem Herzen aus ging die Fäulniss einerseits auf die nächsten Blätter, andererseits auf die Spitze des Stammes über.

Die Entstehungsursache der Krankheit lässt er unbestimmt, glaubt aber, dass dieselbe nicht so ungünstige Aussichten bietet, wie wohl

---

1) Allgemeine Garten-Zeitung von Otto und Dietrich. Berlin 1836. 4. Band pag. 401.

angenommen wird. In seinem Falle wurde das kranke Herz mit der angefaulten Stammsubstanz ausgeschnitten und die Wunde mit pulverisirter Holzkohle gefüllt. Dadurch gelang es, das Exemplar mit seiner Blattkrone zu erhalten.

In einer Anmerkung zu diesem Aufsatze bemerkt Otto, dass ein Pandanus des berliner botanischen Gartens ebenfalls von dieser Krankheit ergriffen worden war. Sie machte sich auch hier durch eine gelbe Farbe der jungen Blätter bemerklich, endlich ging der Stamm in Fäulniss über, die Krone neigte sich, und die ganze Pflanze starb ab. Auch in anderen Gärten, führt er an, wurde das Leiden öfter beobachtet.

In neuerer Zeit hat sich der Inspector des königl. botanischen Gartens in Berlin, Herr Bouché, mit der Frage über die Entstehung der Pandanuskrankheit, beschäftigt, und dieselbe durch Experimente zu lösen gesucht. Er kommt dadurch zu dem Schlusse, dass der Frost als Ursache derselben zu betrachten sei, indem durch ihn die Vegetationsspitze getödtet und darauf einzelne Stellen des Stammes erweicht würden. Auch er empfiehlt das Ausschneiden der weichen Stellen als Radicalkur, giebt aber an, dass sich das Leiden oft von selbst begrenze.

Nach solchen und anderen Erfahrungen muss zugegeben werden, dass das von diesen Beobachtern geschilderte Leiden, welche unter dem Namen der Gipfel- oder Kernfäule der Pandaneen bekannt ist, als genügend ergründet zu erachten ist, und es scheint beinahe überflüssig, auf die Pandanuskrankheiten überhaupt noch einzugehen. Dennoch halte ich das Thema noch nicht für ganz erschöpft, denn die Krankheit, welche unseren Pandanus befallen hatte, zeigte einen Verlauf, der von dem der Gipfelfäule bedeutend abwich, und verdient darum eine besondere Betrachtung.

Der erkrankte Stamm war ein herrliches Exemplar von *Pandanus odoratissimus Jacq,* der im Jahre 1845 als etwa 1 M. hohe Pflanze in den Besitz des Gartens gekommen und jetzt zu einer der grössten Zierden desselben herangewachsen war. Er wurde im Palmenhause cultivirt und nahm hier in der Mitte desselben gewissermassen den Ehrenplatz ein. Sein Hauptstamm war etwa 3 M. hoch, am Grunde 20 Cm. dick, bis zur Höhe von 1 M. durch zahlreiche starke Stützwurzeln getragen. Er war besonders durch seine schöne Verzweigung ausgezeichnet. Etwas über dem höchsten Wurzelansatz entsprangen 3 in einen Quirl gestellte starke Aeste, die fast rechtwinklig abgingen, weiter oben noch zwei kleinere Zweige, so dass der Baum im Ganzen sechs mächtige Blattkronen trug, die sich über einen Raum von etwa 8 Schritt im Durchmesser ausspannten.

Ende März dieses Jahres wurde bemerkt, dass der schöne Baum zu kränkeln anfing. Er stiess in ganz auffälliger Menge seine Blätter ab, und dabei wurde beobachtet, dass diese fast vollständig grün und frisch, namentlich nicht fleckig und an der Spitze nie welk waren. Nur an der Basis waren sie etwas erweicht und missfarben. Durch diesen Blattfall wurde nach und nach an den verschiedenen Aesten ein, etwa 20 Cm. langes Stück des Stammes entblösst, welches sich durch seine mehr gelbgraue Farbe von den darunterliegenden, bräunlichen Stammtheilen scharf abhob.

Bei weiterer Untersuchung fanden sich hierauf dicht unterhalb der Stelle, wo vor dem Beginn der Krankheit die Krone angesessen hatte, eine Anzahl isolirter Flecke, die sich weich anfühlten und etwas vertieft und missfarben erschienen. Die Flecke vergrösserten sich und wurden zahlreicher und bald flossen mehrere zusammen, so dass sich nach einiger Zeit an der Grenze des früheren Blattansatzes ein erweichter Ring um den ganzen Stamm herum bildete. Oberhalb dieses Ringes, den ich als Demarkationslinie der Krankheit bezeichnen will, zeigte sich äusserlich zu keiner Zeit etwas Krankhaftes, unterhalb desselben war der Fortschritt des Leidens immer weiter bemerklich. Von oben nach unten fortschreitend, traten immer neue Flecken auf, und an den zuerst ergriffenen Stellen drang die Erweichung immer tiefer ein. Endlich zeigte sich am Gipfel ein etwa 25 Cm. langes Stück des Stammes von der beschriebenen Linie abwärts ganz erweicht, es wurde welk und schrumpfte zusammen. Es vermochte das Gewicht der Krone nicht mehr zu tragen, diese neigte sich und drohte von selbst abzubrechen.

Das Leiden hatte gewiss an der Endigung des Hauptstammes angefangen, denn hier war es am weitesten vorgeschritten; als es bemerkt wurde, waren aber auch die Enden der beiden obersten Zweige schon ergriffen. Bald nachher erkrankte einer der drei unteren Aeste, erst viel später im Mai ein zweiter. Ueberall nahm die Krankheit denselben Verlauf: sie begann unter dem Ansatz der alten Krone, es bildete sich eine Demarkationslinie, die Erweichung schritt von dieser aus mit fleckartigen, sich erweiternden Herden abwärts. Unaufhaltsam drang die Zerstörung weiter, und als auch der zweite der unteren Aeste in wenigen Wochen unter unseren Augen vernichtet worden, schien nichts übrig zu bleiben, als die Aeste zu entfernen. Es wurden zuerst die Kronen abgeschnitten und der ganz erweichte Theil der Aeste, als aber die Krankheit noch weiter ging, musste auch der grösste Theil des Stammes abgesägt werden, so dass von ihm jetzt nur noch ein kleiner Rest mit den Stützwurzeln und einem einzigen Aste erhalten, das Exemplar in seiner Schönheit also vollständig vernichtet ist.

Bei dem Bestreben, die Ursache dieser Erkrankung zu ergründen, war immer constatirt worden, dass das sogenannte Herz der Krone gesund sei. Dadurch besonders, sowie durch das eigenthümliche, begrenzte Fortschreiten der Erweichungen, war ersichtlich geworden, dass hier ein ganz anderer Krankheitsprozess vorlag, als die vorerwähnte Gipfelfäule. Es mag im Gegensatz zu derselben als Stammfäule bezeichnet sein.

Ich will gleich bemerken, dass ziemlich früh an dem erkrankten Stamme eine Pilzbildung beobachtet wurde, deren Entwicklung mit der Ausbreitung des Leidens immer gleichen Schritt hielt. Es wurde bald die Vermuthung aufgestellt, dass der Pilz mit der verheerenden Krankheit in ursächlichem Zusammenhange stehe, ehe jedoch dieselbe weitere Beachtung beanspruchen konnte, musste erwogen werden, ob sie etwa durch andere schädliche Einflüsse veranlasst sein konnte.

Es liegt nahe anzunehmen, dass die Stammfäule ebenso wie die Gipfelfäule durch die Winterkälte entstanden sei. Der Winter 1869/70 war bekanntlich auch für Breslau einer der strengsten seit langer Zeit und hunderte von Bäumen sind ihm in den städtischen Anlagen zum Opfer gefallen. Es wäre demnach nicht wunderbar gewesen, wenn sich auch in den Gewächshäusern die schädliche Wirkung des Frostes in vorragender Weise bemerklich gemacht hätte. Viele Gärtner haben in der That durch diesen Winter erhebliche Verluste an Warmhaus-Pflanzen gehabt, der botanische Garten scheint aber in dieser Hinsicht wenig gelitten zu haben, und gerade im Palmenhause ist keine Beschädigung durch den Frost vorgekommen. Speciell für unseren *Pandanus* fehlte jeder Grund, weshalb gerade er durch die Kälte betroffen sein sollte. Trotz seiner Grösse und erhöhten Stellung blieb die Krone immer noch circa 3 M. von dem Dache des Glashauses entfernt, andere *Pandanus*-Arten, von denen doch eine grössere Widerstandsfähigkeit gegen Temperatureinflüsse nicht bekannt ist, kamen demselben viel näher und hatten nicht gelitten.

Wie erwähnt, wurde die Krankheit erst im März bemerkt, also zu einer Zeit, wo die strenge Kälte längst vorüber war, indess könnte immer der Grund zu ihr schon im Februar gelegt worden sein, in den bei uns die kälteste Zeit fiel. Ihre ersten Anfänge an den obersten Zweigen konnten übersehen worden sein. Für den zuletzt befallenen Ast kann dies aber nicht gelten, seine Erkrankung kann sicher erst im April begonnen haben. Auch die Localisation der Krankheit entspricht nicht der Entstehung durch Frost. Diese würde vorwiegend die der Kältequelle zunächst gelegenen Theile angegriffen haben, also mehr ausschliesslich die oberen Aeste, und von diesen mehr ausschliesslich

die Spitzen der Kronen. Warum sie nur auf einen Theil des Stammes und zwar gleichmässig an allen, auch den tieferen, in ganz geschützter Lage befindlichen Aesten eingewirkt haben sollte, blieb geradezu unbegreiflich.

Leichter wäre ein solches Allgemeinleiden der Pflanze durch eine Beschädigung ihrer Wurzeln erklärlich geworden. Das Krankheitsbild entsprach indess von vornherein nicht dem, welches sich bei Wurzelerkrankungen zu zeigen pflegt. Gewöhnlich erkranken dann zwar auch zuerst die unteren Blätter und fallen zu Boden, die Blattkrankheit wird dabei aber viel augenfälliger und vollständiger. Das Blatt wird zuerst gelbfleckig und an der Spitze welk, von da vertrocknet es nach dem Grunde zu und fällt ab, wenn es ganz oder grossentheils verwelkt ist. Die Krankheit setzt sich nach der Mitte der Krone zu fort, bis sie schliesslich die Vegetations-Spitze erreicht.

Uebrigens wurde es nicht versäumt, die Wurzeln zu untersuchen. Die Stützwurzeln waren sämmtlich kräftig und ganz gesund, nirgends fand sich an ihnen eine weiche oder sonst Verdacht erweckende Stelle. Eine derselben, welche der Boden noch nicht erreicht hatte, zeigte sogar ein sehr lebhaftes Wachsthum, indem sie sich während der Krankheit des Stammes um circa 6 Cm. verlängerte. Auch an den in der Erde befindlichen Wurzeln, die man durch Entfernung einer Daube des Gefässes blossgelegt hatte, konnte nichts Krankhaftes entdeckt werden.

Aehnlich wie bei einem Wurzel-Leiden würde der Verlauf gewesen sein, wenn Mangel an Ernährungsmaterial den Grund dafür abgegeben hätte. An diese Ursache wurde zuerst gedacht, als das erste Abfallen der Blätter eintrat, denn der Baum war lange Zeit nicht verpflanzt worden und befand sich in einem, für seine Dimensionen etwas kleinem Gefässe. Es wurde darum der Versuch gemacht, durch Auffüllen mit Erde und Bedecken des Bodens mit Lohe mehr Nährstoff zuzuführen, dies blieb aber ohne allen Einfluss auf den Verlauf.

Auch ein durch zu grosse Trockenheit entstandenes Leiden war auszuschliessen. Eine Vernachlässigung im Giessen rächt sich bei den Pandaneen, die eine Menge Wasser bedürfen, sehr schnell und eine solche kann im Winter leicht vorkommen, wo die anderen Pfleglinge des Hauses die gleiche ängstliche Sorgfalt nicht bedürfen, aber hier lag eine solche Vernachlässigung nicht vor. Es würde nach ihr auch eher eine Gipfeldürre, wie eine Stammfäule eingetreten sein.

Sonach konnte die Krankheit nicht auf allgemeine schädliche Witterungs- und Ernährungsstörungen zurückgeführt werden, und es musste zu ihrer Entstehung eine Schädlichkeit angenommen werden, die gerade

nur local auf bestimmte Stammstücke eingewirkt haben konnte. Als solche war zunächst eine grosse, auf bestimmte Stellen einwirkende Feuchtigkeit in's Auge zu fassen.

Das Wasser, welches nach den Kronen des Pandanus gespritzt wird, häuft sich gern in der trichterförmigen Mitte derselben und in den ausgehöhlten Blattansätzen an. Hier kann es leicht stagniren und Veranlassung zu Fäulnissprocessen geben. Darum ist es nöthig, das angesammelte Wasser sorgsam zu entfernen, wenn es sich nicht anders thun lässt durch Aufsaugen mit Lappen oder Schwämmen. Die Gärtner kennen diese Vorsicht und versäumen sie nicht.

Gefährlicher ist das von der Bedachung des Gewächshauses herabträufelnde Wasser, besonders im Winter, das von allen Blättern auf die es fällt nach der Mitte der Krone und nach dem Stamm zu concentrirt wird und hier Erkältung und Fäulniss zugleich veranlassen kann. Ein grosses Exemplar von *Pandanus utilis* Bory des Gartens ist vor einigen Jahren erheblich dadurch beschädigt worden. Es stand unter einer beschädigten Stelle des Daches, von wo der schmelzende Schnee in seine Krone herabtropfte. Als die Krankheit bemerkt wurde, bot sie ganz das Bild der Gipfelfäule: die innersten Blätter waren abgestorben, das darunterstehende Stammende hatte angefangen zu faulen. Die Entfernung der faulenden Theile und bessere Placirung der Pflanze genügten, das Leiden zum Stillstande zu bringen. Die Krone wuchs wieder weiter, aber auch jetzt noch sieht man an den lückenhaften und beschädigten Blättern im mittleren Theile der Krone die Folgen der überstandenen Krankheit. In diesem Winter fand sich in der Fügung des Daches keine Beschädigung, dennoch könnte kaltes Wasser von dort herabgetropft sein, indem sich in den kalten Nächten der Wasserdampf des Hauses an den höchsten Stellen niedergeschlagen hätte. Die erkalteten Tropfen, welche die Blätter des Pandanus trafen, würden sich in den Blattinsertionen haben sammeln und hier ihre schädliche Wirkung äussern können. So würde sich allerdings das Absterben der Blätter an ihrer Basis und ihr Abfallen erklären lassen, nicht gut aber der Umstand, dass der Stamm erst unterhalb des Blattansatzes krank wurde. Der regelmässige Fortschritt der Krankeit, ihr unaufhaltsames langsames Umsichgreifen, ihr Uebergang auf die gesunden Theile zu einer Zeit, wo von Winterfrost und erkältetem Tropfwasser nicht mehr die Rede sein konnte, würde damit nicht in Zusammenhang zu bringen sein.

Dieser Verlauf entspricht ganz dem, solcher Pflanzen-Krankheiten, die durch die Anwesenheit von Schmarotzerpilzen entstehen. Da nun hier eine exquisite Pilzbildung im Verlaufe des Leidens auftrat, war bei

Ermangelung anderer ausreichender Gründe der Verdacht motivirt, dass dieselbe auch eine Hauptschuld an seiner Entstehung und Ausbreitung trug.

Zur Entscheidung dieser Frage war eine Untersuchung der kranken Stämme und des Pilzes selbst erforderlich, die Herr Geheimerath Goeppert die Güte hatte mir zu überlassen.

Es wurde dadurch zunächst festgestellt, dass die abgeschnittenen Kronen bis in ihren innersten Kern hinein gesund waren. Die mittelsten Blätter waren frisch und fest zu einer scharfen dreischneidigen Spitze geschlossen, bei deren Entfalten auch die kleinsten Blättchen gesund erschienen. Die Kronen bestanden immer noch aus einer grossen Zahl schöner, ganz unversehrter Blätter, die den Enden der Aeste fest anhafteten.

Unmittelbar unter den Kronen war der Stamm in allen Fällen durch und durch gesund, äusserlich konnte auch bis zu der oben erwähnten Demarkationslinie nichts Krankhaftes nachgewiesen werden, bei dem Durchschneiden zeigte es sich aber, dass sich die Erkrankung auch etwas nach oben hin fortsetzte. Die Erweichung drang an der Demarkationslinie durch den ganzen Stamm hindurch, und erstreckte sich von da in den oberen Theilen innerlich kegelförmig weiter, schnell von der äusseren Schicht zurückweichend und sich allmählich verlierend. An den kürzeren oberen Aesten drang sie so in der Mitte bis wenige Cm. unter die Krone vor, während sie an den unteren Aesten noch etwa 8 Cm. von ihr entfernt blieb. Dadurch wurde an den Kronen ein ziemlich langes Stammstück erhalten, das ganz gesund war und für genügend erachtet wurde, um sie wieder einzupflanzen und weiter zu cultiviren.

Von der Demarkationslinie abwärts war der Stamm eine Strecke weit, bis zu 8 Cm., durch und durch erweicht. Tiefer unten war der innere Theil seines Gewebes gesund, die Erkrankung nahm die äusseren Partien ein und drang später nur noch etwa 8 mm. weit unter die Oberhaut. Endlich, an noch tieferen Stamm-Theilen, traten die Erweichungen nur noch als vereinzelte Flecke auf, an denen sich die Erkrankung nur einige Millimeter unter die Epidermis erstreckte.

Ueberall characterisirte sich das erkrankte Gewebe durch eine mehr oder weniger dunkelbraune Färbung und hob sich dadurch immer scharf von den weissen gesunden Theilen ab. Während sich das normale Gewebe durch eine grosse Zähigkeit auszeichnet, in Folge deren es schwer wird, einen Stamm mit dem Messer zu durchschneiden, waren die kranken Theile so erweicht, dass sie leicht selbst mit stumpfen Instrumenten zu zerstückeln waren. Beim Eintrocknen schrumpften die kranken Stammstücke stark zusammen, fast doppelt so stark, wie die unversehrten Theile, und bildeten eine fasigere, brüchige Masse, in der

sich die einzelnen Gefäss-Bündel leicht auseinander ziehen liessen, ja fast von selbst zerfielen, und unter den Fingern beinahe zu Staub zerrieben werden konnten.

Bei mikroskopischer Betrachtung fand sich, dass die Zellhäute an den kranken Stellen meist gebräunt und brüchig geworden waren. Der Zusammenhang der die Gefäss-Bündel constituirenden Zellen war nicht aufgehoben, aber der Verband der Zellen des Grundgewebes meist stark gelockert und die Zwischenräume zwischen ihnen durch eine Flüssigkeit gefüllt, in welcher die im ganzen Gewebe ungemein reichlich verbreiteten Nadeln von oxalsaurem Kalk, frei herumschwammen.

An allen Stellen, die sich gebräunt und erweicht zeigten, fand sich in dem Pflanzengewebe ein feines Pilzmycelium uud zwar überall von ziemlich derselben Beschaffenheit. Es bestand aus zarten Fäden mit farbloser Membran und meist farblosem, nur in den dickeren Stellen leicht gelblichem, homogenen Inhalt. Die Aeste waren ziemlich gleichmässig cylindrisch, die dickeren 0,002 bis 0,003 $^{mm.}$, die dünneren 0,001 $^{mm.}$ breit. Häufig aber in sehr verschiedenen Zwischenräumen zeigten sich wahre Scheidewände. Die Aeste verliefen ziemlich grade. Die Zweige traten in unregelmässigen Zwischenräumen, meist rechtwinklig von den Hauptfäden ab, nur selten zeigten sich an diesen einseitige knorrige Auftreibungen (Astanfänge), die Spitzen der frei endenden Aeste waren abgerundet. Auf den Gefäss-Bündeln lief das Mycel, meist der Längsrichtung derselben folgend, lange hin und gab nur sehr sparsame Zweige ab, in die verholzten Theile derselben drang es nicht ein. In dem Grundgewebe dagegen verzweigten sich die Fäden ausserordentlich reichlich und verbreiteten sich überall zwischen den Zellen, so dass jede von ihnen mit einem ziemlich dichten Netze dieser zarten Fäden umsponnen war. In die Zellen selbst drang dieses Mycel nie ein.

An der Stammesoberfläche wurde die Pilzbildung zuerst in der Form schwarzer Keulchen bemerkt, die, in mehr oder weniger grossen Flecken zusammenstehend, durch die Oberhaut hervorbrachen. Sie hatte an den Stellen begonnen, an welchen auch die Stammerweichung angefangen hatte, und zwar war sie da bemerkt worden, ehe die Krankheit einen besonders hohen Grad erreicht hatte. Bald sah man auch den Pilz an tiefer gelegenen Stellen derselben Theile auftreten, an denen noch keine Krankheitserscheinungen bemerkt worden waren, aber nach dem Auftreten des Pilzes stellten sich diese auch hier ein. Nach und nach befiel er nun auch die tieferen Aeste und zwar in derselben Reihenfolge, wie sie von der Krankheit ergriffen wurden, und immer wurde der Pilz vor der Krankheit selbst bemerkt, und immer verbreitete er

sich, während er oben bedeutend zunahm, weiter nach abwärts, auf gesunde Theile übergreifend. Als die Aeste abgeschnitten wurden, überzog er dicht unter der Demarkationslinie die Stammenden dicht bis auf weite Strecken herab, isolirte, mit den schwarzen Keulen besetzte Flecke, reichten bis zu der ersten Theilungsstelle des Stammes herab, und auch an dem letzten, bisher gesund gebliebenen Aste, an welchem lange nicht die geringste Pilzbildung sichtbar, fingen an sich einzelne derartige Flecke zu zeigen.

Bei näherer Untersuchung sind diese anscheinenden Keulchen von sehr verschiedener Gestalt, entweder kurz und dick, an der Spitze in einen starken Knopf angeschwollen oder mehr verlängert, oft bis zu 2 und 2,5 Cm. In letzterem Falle sind sie meist geschlängelt, unregelmässig gekrümmt oder rankenförmig eingerollt, bandartig, bis zu 1,5 mm. breit, und in ihrer ganzen Länge tief gefurcht. Sie sind dunkelschwarz, mit einem Stich in's Grünliche. Im Wasser zerfliessen sie vollständig zu einem schwarzgrünem Schleime.

Sie entspringen von warzenartigen Gebilden, deren erste Anfänge sich an solchen Stammtheilen finden, die nicht die geringste anderweitige Erkrankung zeigen. Sie treten hier zuerst isolirt als kleine Höckerchen auf, welche die Oberhaut leicht emporheben, und gleichen in diesem Zustande den ersten Ursprüngen von Luftwurzeln. Dann durchbrechen sie die Epidermis mit einem länglichen oder dreieckigen Spalt, und haben so grosse Aehnlichkeit mit den Lenticellen der Dicotyledonenstämme. Hierauf wachsen sie zu flachen Warzen von etwa 2,5 mm. Höhe und 4—5 mm. Breite an, die gewöhnlich in der Richtung des Stammumfanges verlängert sind. Bald vermehren sie sich, ihre Stellung wird dichter und es fliessen mehrere zusammen, so dass sie dann bandartige Streifen bilden. Die Farbe der Warzen ist dunkelgrau, auf ihrer Oberfläche wie kleiig bestäubt; am Grunde werden sie von der aufgestülpten Oberhaut umgeben.

Ihr Gewebe ist weich, im Inneren blass, und besteht hier aus dicht verflochtenen Hyphen, deren Glieder etwa 0,003 bis 0,004 mm. breit und 2 bis 3mal so lang sind. Nach der Oberfläche zu nehmen diese Glieder mehr rundliche Formen an, färben sich dunkeler, zuletzt fast schwärzlich grün und bilden eine Art Epidermis über das Wärzchen. Einige ihrer Endglieder laufen über derselben in farblose freistehende, kugelige oder haarförmig dünne Zellen aus und constituiren so den kleienartigen Ueberzug.

In ihren Innern enthalten die Wärzchen schon in sehr frühen Entwicklungszuständen Höhlungen, die kleineren nur eine, die grösseren mehrere. Letztere bestehen daher aus vielen Kammern, die unregel-

mässig neben- und zum Theil übereinander liegen. Meist hängen diese Kammern mit einander zusammen, vereinigen sich auch oft in eine Höhlung, welche dann in wellenförmigen, stellenweise erweiterten Windungen das ganze Wärzchen durchzieht.

Die Enden der Hyphen, welche das Wärzchen gebildet haben, ragen frei in die Höhlungen hinein und bilden hier eine farblose Schicht (Hymenium), deren einzelne Zellen pallisadenartig, aber frei neben einander stehen. Diese Sterigmen sind nicht ganz gleich, aber meist 0,019 mm. lang und 0,002 mm. breit.

Bei der Sporenbildung spitzen sie sich an ihrem Ende zu und es sprosst aus diesem eine kugelige und farblose Zelle, die bald in die Länge wächst und eine schwarzgrüne Farbe annimmt. Darauf trennt sie sich von dem Sterigma. Vielleicht wiederholt sich der Process der sogenannten Sporenabschnürung bei denselben Sterigmen mehrmals, denn schon in jungen Wärzchen sieht man bald die ganze Höhlung mit schwarzen Sporenbrei gefüllt, und an den Enden der Sterigmen immer wieder junge Sporen.

Am Ende verlängert sich die Höhlung nach dem Scheitel des Wärzchens zu in einen weiten Hals und jener wird durch eine oder mehrere Oeffnungen durchbohrt, entsprechend der Zahl der einzelnen Kammern. Die Sporen treten heraus, durch einen reichlichen, zwischen ihnen gelagerten Schleim zu einer schwarzen zähflüssigen Masse vereinigt.

In sehr feuchter Luft bildet derselbe grosse Tropfen, die sich verbinden und den Stamm hinabfliessen, so dass dieser dann nach dem Eintrocknen der Masse auf weite Strecken hin wie von Kienruss geschwärzt erscheint. Tritt der Schleim hingegen bei der gewöhnlichen feuchten Luft des Gewächshauses aus, so verdickt er sich bei langsamen Austreten zu einer zähen Masse und dann bilden sich aus ihm die kopfförmig verdickten Keulen und rankigen Fäden, oder, bei der Vereinigung des aus mehreren Oeffnungen getretenen Schleimes die flachen, gewundenen und gefurchten Bänder, welche an unseren Pandanus zuerst die Aufmerksamkeit auf die Pilzbildung lenkten.

Die einzelnen Sporen sind gewöhnlich länglich elliptisch, an beiden Seiten abgerundet, manchesmal eiförmig, an dem einen Ende etwas mehr, zuweilen selbst scharf zugespitzt, oft fast cylindrisch, meist grade, nur selten etwas gekrümmt. Ihre Länge beträgt 0,0057 bis 0,0094 mm., ihre Breite 0,0026 bis 0,0038 mm. Sie sind graugrün mit ziemlich dünner Membran, einzellig, im Innern mit zwei, bei den längsten Sporen mit drei gelbgrünen Oeltropfen.

Während einer Beobachtung von mehreren Wochen sah ich sie nie keimen.

Die hier beschriebene Pilzform ist schon von Léveillé an *Pandanus* in den Gewächshäusern des Pariser botanischen Gartens gefunden und als *Melanconium Pandani* bestimmt worden [1]). Nach der Begrenzung der älteren Auctoren gehört *Melanconium* Link zu den Tuberculariеen Fries und hat ein freies, auf einem fleischigen Träger ruhendes Fruchtlager. Unser Pilz besitzt aber ein Gehäuse und würde daher nach der früheren Systematik in die Familie der Cytisporeen Fries gestellt werden müssen. Es hat indess keine Bedeutung mehr, die Frage, in welche der alten Genera dieser Familien ein Pilz einzureihen sei, weiter zu erwägen, da die Arten der Tuberculariеen sowohl, wie Cytosporeen jetzt nicht mehr als selbständige Pilzspecies, sondern als Conidienfruchtformen von Sphaeriaceen zu betrachten sind. Nach Tulasne's Vorgang werden diese in freie Conidien, Spermatien und Stylosporen unterschieden. Ein durchgreifendes Unterscheidungsmerkmal zwischen den beiden letzten existirt bekanntlich nicht [2]), und so lange man die Function der Spermatien nicht kennt, wird es immer mehr oder weniger der Willkür des einzelnen Beobachters überlassen bleiben, welcher der beiden Formen er sie zurechnen will. *Melanconium Pandani* gehört zu den Formen, bei denen die Entscheidung schwer ist. Da die Sporen verhältnissmässig klein sind und ihre Keimung nicht beobachtet worden ist, könnten sie als Spermatien (Mikrostylosporen) angesehen werden.

Wenn wir nun entscheiden wollen, zu welcher Species von ausgebildeten Sphaeriaceen dieselben gehören, müssen wir nach anderen in den Formenkreis von Sphaeriaceen gehörigen Fruchtformen auf dem abgestorbenen Pandanus suchen. Es fand sich eine ausgebildete Stylosporenform vor, welche einige Aehnlichkeit mit dem Melanconium hatte. Sie zeigte sich als schwarze Höcker, die auf ihrer Oberfläche von graugrün schillernden Haaren sammtartig besetzt waren. Sie waren aus dicken, schwarzgrünen, locker verwebten Hyphen gebildet, die auf der Oberfläche als 0,005 bis 0,006 mm. breite, knorrig verdickte, mit Scheidewänden versehene Fäden freistanden. Im Innern enthielten sie eiförmige Höhlen, mit einem Hymenium ausgekleidet, auf dem zwischen farblosen, langen fadenförmigen Paraphysen, grosse farblose, elliptische Sporen, 0,026 bis 0,030 mm. lang, 0,013 bis 0,019 mm. breit, auf kurzen Sterigmen abgeschnürt wurden. Sie wurden bei der Reife als weisse Ranken aus den Perithecien ausgestossen. Die Ranken färbten sich an der Luft schnell schwarz, dabei nahm die Membran der Sporen eine

1) J. H. Léveillé: Champignons exotice No. 319 in Annales des sciences naturelles ser. III. t. 3. 1845. p. 66.

2) cf. L. R. Tulasne: Selecto fungorum carpologia I. P. 1861. p. 58.

schwarzgrüne, später dunkelbraune Färbung an, und während sie beim Verlassen der Perithecien einzellig waren, bildete sich jetzt eine starke Querscheidewand, durch die sie zweizellig erschienen. Diese, einer *Stilbospora auct.* entsprechende Form fand sich indess nur spärlich, ohne Regelmässigkeit und ohne sichtlichen Zusammenhang mit dem Melanconium, und nicht auf dem frisch abgeschnittenen Stamm, sondern sie stellte sich nur einigemale auf den weiter cultivirten Stammstücken ein, es würde demnach sehr gewagt erscheinen, diese Stylosporen in den Formenkreis des Melanconium zu ziehen.

Eine andere Sphaeriaceenfrucht trat in reichlicher Fructification als vollendete Ascosporenfrucht in Gestalt orangerother Krusten an dem absterbenden Pandanus auf. Sie folgte der Melanconium-Form mit grosser Regelmässigkeit und ergriff dieselben Pflanzentheile in derselben Reihenfolge wie jene, aber immer stellte sie sich erst viel später ein, nachdem das Melanconium schon wochenlang bemerkt worden war und sich erheblich ausgebreitet hatte. Nie zeigte sie sich an noch grünen Theilen des Stammes, sondern da, wo ihre Krusten erschienen, war der Stamm schon in grössere Tiefe, meist durch und durch abgestorben.

Am frühesten fand ich die Sphaerie an dem Gipfelaste, dicht unter der Demarkationslinie. Als jener entfernt wurde, zog sie sich, von oben nach unten an Menge abnehmend, etwa 16 $^{Cm.}$ weit am Stamme herab. Sie folgte hier besonders den Narben der Blatt-Insertionen und bedeckte diese vollständig, so dass sich von ihr orangerothe Gürtel von 3 bis 6 $^{mm.}$ Breite um den Stamm herum erstreckten. Auf den dazwischen liegenden Stellen standen die Sphärien vereinzelt oder in kleinen Häufchen, die etwa die Grösse einer halben Erbse erreichten.

Die einzelnen Perithecien sitzen auf einem gemeinschaftlichen Lager (Stroma). Dieses ist weiss, verschieden stark entwickelt, bei isolirter Stellung der Perithecien fast fehlend, gewöhnlich aber etwa 0,6 selbst bis 1,5 $^{mm.}$ hoch und besteht aus weiten Zellen, von denen jede gewöhnliche einen grossen farblosen Oeltropfen enthält.

Die Perithecien sind fast kugelig 0,2 bis 0,3 $^{mm.}$ im Durchmesser, an der Spitze nur sehr wenig kugelförmig zugespitzt, ohne deutlich abgesetzte Mündung, die Farbe ist bei der Reife lebhaft orangeroth, verblasst aber mit der Zeit, indem sie schmutzig fleischfarben, später mit einem Stich ins Ochergelbe, wird.

Die Hülle ist glatt, weich, leicht zerdrückbar, behält aber nach der Entleerung der Sporen und nach dem Vertrocknen ihre Gestalt bei. Sie besteht aus wenigen Lager flacher polyedrischer Zellen, jede etwa 0,009 $^{mm.}$ im Durchmesser, mit farbloser Membran und in der Mitte mit einem grossen orangefarbenen Oeltropfen. Dieses Oel wird wie das,

welches das Protaplasma im Zellinhalt vieler anderen Pilze färbt (Synchytrien, Uredineen, *Acrostalagmus cinnabarinus, Sphaerobolus* etc.), durch Alcalien nicht verändert, durch Schwefelsäure dunkler, fast violett gefärbt und an der Luft ziemlich schnell gebleicht.

Sie sind mit Schläuchen erfüllt, zwischen denen sehr sparsame Paraphysen stehen.

Letztere sind fadenförmig, etwa 0,04 mm. lang, 0,002 bis 0,003 mm. breit, nicht septirt. Man kann zweifelhaft sein, ob man in ihnen besondere Organe oder nur in ihrer Entwicklung zurückgebliebene Schläuche zu sehen hat. Jedenfalls sind sie unconstant und sind zu einer Abtheilung der sogenannten Pseudoparaphysen zu rechnen.

Die Schläuche sind lineal, an der Spitze leicht keulenförmig verdickt, 0,052 bis 0,06 mm. lang, 0,006 bis 0,008 mm. breit. Ihre Membran ist sehr dünn und farblos, eine besondere Innenhaut nicht unterscheidbar. Sie werden von den Sporen bis zum Grunde dicht ausgefüllt, sind also, wie man sagt, ungestielt. Die Sporen liegen, acht in jedem Schlauche, etwas schief, die untersten drei einzeln, die nächsten vier zu zwei, die oberste wieder einzeln. Sie sind farblos, in den jüngeren Schläuchen elliptisch, ungetheilt, mit zwei Oeltröpfchen versehen. In völlig ausgebildetem Zustande sind sie durch eine deutlich sichtbare Scheidewand zweizellig, in der Mitte stark zusammengeschnürt, bisquitförmig, 0,010 bis 0,011 mm. lang, 0,004 bis 0,005 mm. breit, die einzelne Zelle gegen das Ende verschmälert, aber an der Spitze abgerundet. Der Inhalt ist homogen, ohne Oeltropfen.

Das Freiwerden der Sporen scheint dadurch zu erfolgen, dass sich die Schlauchhaut vollständig auflöst. Ein Zerreissen derselben und Ausschnellen der Sporen ist wenigstens nicht bemerklich. Die erweichte Substanz zieht wahrscheinlich aus der feuchten Luft Wasser an, denn die Sporen treten schliesslich, in Schleim eingebettet durch eine feine Oeffnung aus dem Scheitel des Peritheciums aus, und erscheinen zuerst als weisse zarte Ranken, dann lagern sie sich als mehlige Flocken über die Sphärien-Häufchen.

Nach den angegebenen Merkmalen gehört diese Sphäriacee zu den Nectrien und ist jedenfalls dieselbe, welche schon Tulasne auf *Pandanus* gefunden, und in einer Bemerkung zu seiner *Nectria Stilbosporae* als *Nectria Pandani* beschrieben hat [1]).

Die Nectria bildete sich an den abgeschnittenen Stammstücken, die in feuchter Luft gehalten wurden, immer weiter fort, so dass ich an ihnen die Entwicklung der Perithecien beobachten konnte. Es zeigte

[1]) L. R. Tulasne. Selecta fungorum carpologia T. III. P. 1865. p. 71.

sich, dass ihnen eine Conidienfruchtform vorausgeht, welche mit der anderer Nectrieen übereinstimmt. Als erste Anfänge traten kleine weisse Polster von etwa Stecknadelkopfgrösse auf, die meist sehr dicht standen und bald eine grössere Strecke des Stammes überzogen. Sie bestehen anfangs nur aus farblosen schimmelartigen Fäden von 0,002 mm. Dicke. An ihrem Grunde bildet sich dann ein festes weisses Lager, aus dichtverwebten stark oelhaltigen Zellen bestehend, das sich vergrössert und schliesslich zu einem kleinen Höcker anwächst, den man nach der alten Nomenclatur als *Tuberculariа* bestimmen würde. Die Oberfläche ist mit den farblosen Hyphen dicht besetzt, die an ihrer Spitze farblose, einzellige, länglich elliptische, etwa 0,002 mm. breite und 0,0035 bis 0,004 mm. lange Sporen abschnüren. Diese Sporen sind sofort keimfähig und senden gewöhnlich nur an einem Ende einen einfachen 0,001 mm. dicken Keimschlauch aus.

Die conidienabschnürenden Fäden sind meist nicht einfach, sondern mehrfach verzweigt. Bei dichtem Stande der Fruchthyphen stehen diese Aeste aufrecht dicht an einander, bei weniger beengter Stellung gehen sie hingegen in stärkeren Winkeln ab, und die Verästelung wird reicher. Wenn sich, wie es häufig geschieht, einzelne Aeste stärker und freier entwickeln, so imitiren sie gewisse Schimmelformen, die früher als eigene Gattungen in der Familie der Hyphomyceten beschrieben wurden. Wenn die Zweige in starken Winkeln vom Hauptaste abgehen, und die Endverzweigungen als pfriemliche kurze Aeste zusammenstehen, so wird dadurch der Typus eines Verticillium repräsentirt, wenn die Zweige dem Hauptaste dicht anliegen, und die Endverzweigungen ziemlich in einer Ebene zu stehen kommen, wird ein Penicillium gebildet. Man kann sich leicht durch alle möglichen, zwischen dieser Art der Verzweigung vorhandenen Uebergängen überzeugen, dass sie keine specifisch verschiedenen Formen darstellen, die Breite des Mycels, die Grösse und elliptische Gestalt der farblosen Sporen ist bei beiden dieselbe.

In der Nähe der Tuberculurien-Wärzchen, oft auch in grösseren Strecken von ihnen hin verbreitet, trifft man lose Schimmelrasen, welche den freien Aesten der Conidienträger so ähnlich sind, dass ich an ihrer Zugehörigkeit in den Formenkreis der Nectria Pandani nicht zweifele und sie kurz als Schimmelfrüchte derselben bezeichnen möchte. Mycel und Sporen sind den Conidienträgern und Conidien gleich, nur ist das erstere weiter entwickelt und mit entferntstehenden Scheidewänden, die aber auch den grösseren Conidienträgern nicht fehlen, versehen. Die nach einander abgeschnürten Sporen bleiben oft kettenförmig an einander hängen. Der Schimmel nähert sich manchmal mehr

einem Penicillium, manchmal einem Verticillium, die Sporen bleiben immer wie die Conidien weiss und elliptisch und unterscheiden sich dadurch von den am häufigsten auftretenden Schimmelformen mit derselben Verzweigung.

Tulasne hat jedenfalls dieselben Schimmelfrüchte beobachtet, denn er sagt, dass er in Gesellschaft der Nectria sehr häufig einen Schimmel bemerkt habe, der dem Acrostalagmus cinnabarinus Corda sehr ähnlich, und von ihm nur dadurch verschieden war, dass er sehr lange die weisse Farbe behielt. Zwischen den auf dem Tuberculariceenstroma sprossenden Conidienzweigen und den freien Schimmelfrüchten findet eine gleiche Parallele statt, wie zwischen den aus dem Sclerotium durum sprossenden und den frei auf den absterbenden Pflanzentheilen schimmelartig vegetirenden Botrytis-Formen. Wie die Schimmel entstehen, ob aus gekeimten Conidien- oder aus Nectriasporen oder auf andere Weise ist nicht ganz sicher festgestellt, wenn mir auch die Möglichkeit der Entstehung aus den Nectriasporen sehr wahrscheinlich ist.

Diese sind nach der Entleerung aus dem Perithecium sofort keimfähig und keimen sehr leicht. Hält man sie in destillirtem Wasser unter einem Deckglase, so zeigt sich schon in den nächsten Stunden eine Veränderung an ihnen, sie schwellen etwas an, so dass jede Hälfte breiter und fast kugelig, die Einschnürung deutlicher, die Scheidewand aber verwischt wird. 12 Stunden nach der Aussaat haben sie schon Keimschläuche getrieben, gewöhnlich an beiden Enden, seltener seitlich. Zuweilen treibt eine Spore, nachdem sich die ersten Schläuche schon verlängert, noch nachträglich einen dritten und vierten Schlauch seitlich aus. Die Schläuche sind 0,002 $^{mm.}$ dick und verlängern sich in der Richtung der Längsaxe der Sporen in gradem oder leicht geschlängelten Verlauf und bleiben gewöhnlich überall gleich dick. 14 Stunden nach der Aussaat haben sie meist schon die 4 bis 6fache Länge der Sporen erreicht. 36 Stunden nach der Aussaat waren sie bis 0,3 $^{mm.}$ lang und hatten zahlreiche Seitenäste getrieben, die unregelmässig alternirend, rechtwinklig vom Hauptaste abgingen und diesem an Dicke gleichkamen. Bis zum vierten Tage verfolgte ich die Mycelien unter dem Deckglase. Sie verlängerten sich dabei noch mehr, verzweigten sich vielfach in derselben Weise und verflochten sich zu einem dichten Gewebe.

Bei der Aussaat der Sporen auf Kartoffeln sah ich an den Aussaat-Stellen, nachdem die reichliche Keimung hier constatirt worden war, einen weissen zarten Schimmel auftreten, der an kurzen Endästen elliptische farblose Sporen abschnürte, ganz so wie die Conidienträger auf der Tubercularia. Auf feuchtgehaltenen Stücken des Pandanus-

stammes verloren sich die gekeimten Sporen bald, es gelangt mir jedoch nicht mit Sicherheit nachzuweisen, dass die Keim-Schläuche in das Gewebe eingedrungen waren.

Die in dichter Schicht auf den Perithecien liegenden entleerten Sporen keimen hier ebenfalls bald und bilden dichte, verfilzte, den Conidienhymenien ganz gleiche Lager. Dort sah ich sie oft auswachsen, die Fäden sich verflechten und auf diese Weise säulenartige, fleischige Körper entstehen, aus deren Seiten und Spitzen kurze, sporenabschnürende Aeste hervortraten. Diese Verpflechtung der Hyphen ist bei vielen Schimmeln sehr häufig. Sie ist von *Penicillium glaucum* allgemein bekannt, bei *Acrostalagmus cinnabarinus* sah ich sie auch sehr oft eintreten. Es werden durch dieselbe Schimmel gebildet, die nach früherer Bezeichnung unter die Hyphomyceten-Gattungen, *Stilbum, Ceratium, Isaria* etc., gestellt werden müssten.

Auch bei den gewöhnlichen Conidienlagern kommt dieses Auswachsen der Hyphen in Säulen oder Stacheln häufig vor. Diese stehen dann meist in Büscheln von 4 bis 6 zusammen, erreichen eine Länge von 2 bis 25 mm. Die Stilbumartige Bildung der Conidienstromata ist characteristisch für die Tulasne'sche Gattung *Sphaerostilbe*. Ihr selteneres Vorkommen bei unserer Nectria neben dem häufigeren Tuberculariенstroma beweist, dass beide Gattungen nicht scharf und ohne vermittelnde Glieder getrennt sind.

Am Grunde der conidienabschnürenden Fäden erscheinen die jungen Perithecien innerhalb des Stromas als kleine rothe Knötchen, so dass bei ihrem Auftreten das ganze Lager einen rosenrothen Schimmer annimmt. Bei ihrer allmählichen Vergrösserung werden die Fäden immer mehr verdrängt, sie überziehen aber anfangs noch die jungen Perithecien und sprossen vereinzelt aus den Zellen ihres Gehäuses, selbst ausgebildete Verticillien habe ich manchmal, wie ich glaube, in unmittelbarem Zusammenhange mit Wandzellen des Peritheciums gesehen. Endlich schrumpften die Fäden ganz ein, die Perithecien werden glatt.

Ueber die Ausbildung der Schläuche und Sporen habe ich nichts Bemerkenswerthes mitzutheilen, sie scheint der von *Nectria cinnabarina* ganz analog zu sein. Ich will nur erwähnen, dass ich das Auftreten zahlreicher stäbchenförmiger Körperchen in den Schläuchen, das bei anderen Nectrien gesehen und von Tulasne[1]) als eine besondere vielsporige Form der Schlauchfrüchte, von Sollmann[2]) als ein

[1]) Selecta fung. carp. III. p. 65.

[2]) A. Sollmann, Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Sphäriaceen. Botanische Zeitung 1864. No. 35 u. 36.

besonderer Befruchtungsact, von Janowitsch[1]) als Sprossungen der Sporen in den Schläuchen gedeutet worden ist, bei *Nectria Pandani* nie beobachtet habe. Auch unterschied sich die Keimung der Sporen in Fruchtzuckerlösung nicht von der in destillirtem Wasser.

Wenn wir nun annehmen, dass die eben beschriebenen Tubercularia-, Stilbum-, Verticillium- und Penicillium-artigen Fruchtformen in den Entwicklungskreis der Nectria Pandani gehören, so frägt es sich, ob das zuerst beschriebene Melanconium nicht auch noch in denselben hinhineingezogen werden muss.

Tulasne, welcher ebenfalls *Melanconium* und *Nectria* zusammen antraf, scheint anzunehmen, dass die Letztere nur als Schmarotzer zwischen dem Melanconium lebt, ähnlich wie *Nectria Stilbosporae* zwischen der Stilbospora macrosperma, den Stylosporen von *Melanconis macrospermum*.

Gegen die Vereinigung der beiden Formen sprechen einige Gründe, die jedenfalls zur Vorsicht mahnen.

Erstlich ist ein directer Zusammenhang der Stromata von *Melanconium* und *Nectria* nicht mit Sicherheit nachzuweisen. Gewöhnlich treten sie ganz isolirt von einander auf, und selbst da, wo die Nectria direct über den Melanconium-Lagern erscheint, ist meist eine Trennung zwischen den beiden Stromata aufzufinden.

Zweitens ist hervorzuheben, dass gewöhnlich eine gewisse Uebereinstimmung in der Bildung der Stromata herrscht, welche die Perithecien und derer, welche die Conidien tragen. Bei den Nectrieen, deren Perithecien frei auf dem Stroma stehen, bilden sich meist auch die Conidien auf freiliegenden Lagern. Die Bildung der Letzteren in Perithecien ist vielmehr characteristisch für die Abtheilung der Valseen.

Drittens finden sich bei lebhaft gefärbten Perithecien nicht leicht dunkele Conidien, diese sind vielmehr am häufigsten in den Sphaeriaceen mit tiefschwarzem Stroma und man fühlt sich desshalb von Anfang an versucht, unser *Melanconium* eher in dem Entwicklungskreis einer Massaria oder Melanconis-Art etc. zu suchen, als in dem einer Nectria.

Alle diese Gründe sind nicht beweisend. Es giebt Sphaeriaceen genug, bei denen Conidien und Ascosporenfrüchte nie auf demselben Lager, sondern immer nur getrennt von einander vorkommen. Es giebt Nectrien die ihre Conidien- (Spermatien-) Früchte in Höhlungen bilden (nach Tulasne[2]) z. B. *Nectria sinopica*) und die Farbe der

---

1) A. Janowitsch: Ueber die Entwicklung der Fructificationsorgane von Nectria. Botanische Zeitung 1865. No. 19.

2) l. c. II. p. 90.

Conidien und Conidienträger wird oft auch bei solchen mit lebhaft gefärbten Perithecien dunkler.

Die Gründe, welche für eine Zusammengehörigkeit der beiden Pilzformen sprechen, sind folgende:

Erstlich das Fehlen jeder anderen entwickelten Ascosporenfrucht auf *Pandanus* in deren Entwicklungskreis das Melanconium gehören könnte. Möglicherweise könnte eine solche noch übersehen worden sein, da aber *Melanconium Pandani* schon öfter beobachtet, von mir auch längere Zeit cultivirt worden ist, ohne dass eine andere Sphäriacee gefunden worden, verliert dieser Umstand nicht alle Bedeutung.

Zweitens das häufige gesellige Vorkommen beider Pilzformen oder besser gesagt, ihre häufige und gesetzmässige Folge. Wenn Tulasne sich nicht veranlasst sehen konnte nach dem einmaligen Befunde einen specifischen Zusammenhang zwischen beiden Pilzen anzunehmen, besonders, da er durch das Beispiel von *Nectria Stilbosporae* gewarnt war, so gewinnt es schon grösseres Gewicht, dass bei uns ebenfalls beide zusammen erschienen. Wichtiger noch ist es, dass sich auf dem ganzen Stamm *Melanconium* und *Nectria* in der beschriebenen gesetzmässigen Weise folgten. Dies geschah nicht nur an dem lebenden Stamme, sondern auch an den abgeschnittenen Stücken. Ein solches, welches reichlich mit Melancolium-Warzen bedeckt war, aber nirgends eine Nectria-Frucht zeigte, wurde lange Zeit unter einer Glasglocke isolirt in feuchter Luft gehalten. In der ersten Zeit vermehrte sich das Melanconium sehr stark und das ganze Stammstück wurde von dessen Sporenbrei schwarz tingirt. Nach etwa acht Tagen erschienen die weissen Conidienlager der Tuberculariе, die sich weithin ausbreiteten, bald darauf auch die Nectrien, die immer häufiger wurden und nach und nach das Melanconium ganz verdrängten. Derselbe Versuch wurde mit anderen Stücken aus anderen Gegenden des Stammes mit demselben Erfolge wiederholt.

Ein dritter und wichtiger Haupt-Grund ist der, dass beide Formen von demselben Mycel zu entspringen scheinen. Ich habe in allen Geweben des untersuchten Pandanus nur eine Art von Mycel gefunden, wenn wirklich beide Formen von verschiedenen Mycelien entsprungen wären, so müsste das Eine entweder so unscheinbar sein, dass es nicht hätte bemerkt werden können, oder beide müssten so gleich sein, dass sie nicht zu unterscheiden wären. Der erstere Fall ist nicht wahrscheinlich, besonders auch weil ich sowohl unter dem Gewebe, auf dem die Nectria, als auch unter dem, worauf *Melancolium* fructificirte, reichliches Mycel fand. Dass das im Inneren des Stammes verbreitete Mycel wirklich zu den beiden Pilzformen gehörte, liess sich bald beweisen.

Ein Stück des Stammes, auf welchem äusserlich nur *Nectria* fructificirte und welches durch und durch von dem Mycel durchzogen war, wurde quer durchschnitten und in feuchter Luft gehalten. Bald traten auf dem Querschnitt weisse stecknadelkopfgrosse Knötchen hervor, welche schwärzlich wurden und am dritten Tage an ihrer Spitze einen dicken schwarzen Schleimtropfen ausstiessen. Die Knötchen glichen vollständig kleinen Behältern, der schwarze Schleim dem Sporenbrei von *Melanconium Pandani*. Sie erschienen zuerst an der Peripherie, der Oberhaut zunächst und verbreiteten sich bis in die Mitte hin. Auf einem neuen Querschnitt zeigten sie sich nach einigen Tagen wieder in derselben Weise. Dasselbe trat auf einem Längsschnitt an einer beliebigen Stelle des Stammes ein, und auf jedem frisch blossgelegten Längsschnitte brachen sie immer wieder neu hervor.

Wurde die Cultur weiter fortgesetzt, so hörte nach 10 bis 12 Tagen die Bildung des Melancolium auf und es erschienen, von der Peripherie aus, fortschreitend, die Conidienstromata (hier meist Stilbumartig) und darauf die Perithecien der Nectria.

Hiernach ist es mindestens höchst wahrscheinlich, dass *Melanconium* und *Nectria* von demselben Mycel entspringen und daher zu derselben Species gehören.

Die Fruchtfolge würde sich also folgendermassen aufstellen lassen:

1) Graugrüne Conidien, deren Keimung noch nicht beobachtet ist, lang elliptisch, fast cylindrisch, gebildet in den Höhlungen weicher, aus der Oberhaut hervorbrechender Warzen (Mikrostylosporen).

2) Farblose Conidien, welche sofort keimfähig sind. Sie sind klein, kurz elliptisch. Ihre Träger treten in drei verschiedenen Formen auf:

a) Tuberculariен-Form. Die Hyphen des aus der Oberhaut hervorbrechenden Mycels sind am Grunde zu einem flachen warzenartigen Träger verflochten, der auf seiner Oberfläche die conidienabschnürenden Fäden trägt.

b) Stilbum-Form. Die Mycelhyphen sind zu fleischigen, säulen- oder zahnartigen Körperchen verbunden, die gewöhnlich in strahligen Büscheln zusammenstehen und auf ihrer ganzen Oberfläche mit conidienabschnürenden Fäden bekleidet sind.

c) Schimmel-Form. Die Mycelfäden bleiben lose und fructificiren nach Art eines Verticillium oder Penicillium.

3) Ascosporen. Gebildet in orangerothen, auf einem gemeinschaftlichen Stroma stehenden Perithecien. Sie sind sofort keimfähig und bilden an der Luft wahrscheinlich wieder die Conidien-Form.

Nach dem bisher Gesagten sind nur noch einige Worte über den Zusammenhang der Nectrienbildung mit dem Erkranken und Absterben des Pandanus-Stammes nöthig.

Unter den vielfachen Krankheiten der Gewächse, welche durch Schmarotzer-Pilze veranlasst werden, haben die, welche die Sphaeriaceen hervorrufen, noch ziemlich wenig Beachtung gefunden. Die grossen Beschädigungen, welche Sphaeriaceen und ihre Conidien-Formen in vielen Feldfrüchten anrichten, sind bekannt, aber wenig untersucht, der schädliche Einfluss der zahlreichen, auf Baumzweigen vegetirenden Sphaeriaceen wird aber gar nicht geachtet, oft geradezu abgeleugnet. Der bis jetzt herrschenden Ansicht nach würden sie gar keine ächten Parasiten sein, sondern sich nur auf den absterbenden oder abgestorbenen Pflanzentheilen ansiedeln. In neuerer Zeit führt eine genauere Beobachtung zu anderen Anschauungen und ich verweise besonders auf die Gründe und Beispiele, welche Nitschke anführt, um den wahren Parasitismus und die schädliche Wirkung vieler baumbewohnender Sphaeriaceen zu beweisen [1]).

Bei dem Pandanus-Pilz kann nicht bezweifelt werden, dass er als ächter Parasit lebt. Das Melanconium bricht aus völlig unversehrten Stellen des Stammes hervor und, wenn man selbst zugeben will, dass die Stammspitzen möglicherweise einer anderen schädlichen Wirkung ausgesetzt gewesen, auf Stellen, die weit von einer solcher Krankheitsquelle entfernt lagen. Aber auch seine schädliche Wirkung ist als hinreichend erwiesen zu erachten. Es ist von Hause aus zu erwarten, dass ein Mycelium, welches sich unter der Epidermis entwickelt, an einen Monocotyledonenstamme ganz andere Verwüstungen anrichten kann, als in einem dicotyledonischen, oder Coniferenbaume. Bei diesem setzt der geschlossene Holzkörper seinem Vordringen eine Schranke entgegen, die er meistens nicht überschreitet, bei dem Monocotyledonenstamme findet es unter der Oberhaut dasselbe Gewebe, in dem es sich bis zum innersten Kern ausbreiten kann. In der That sahen wir auch, dass das Mycel des Parasiten mit der Zunahme der Krankheit immer mehr nach innen vordrang, bis es das ganze Grundgewebe durchzogen hatte. Die Beobachtung, wie das Mycel und die Melanconiumfrucht an immer neuen vorher gesunden Theilen erschien und dem Auftreten desselben bald intensivere Krankheitserscheinungen folgten, brauche ich nicht zu wiederholen und ich will nur noch wieder hervorheben, dass ich nirgends erweichte Stellen ohne Mycelbildung fand. Demnach kann es wohl keinem Zweifel unterliegen, dass die Pilzbildung direct die Ursache von dem Umsichgreifen und der verheerenden Wirkung der Krankheit war. Ob sie auch die Ursache derselben war, ob die Sporen des Pilzes in dem gesunden Stamme einkeimten und diesen erst krank machten, lässt sich natürlich ohne directe Culturversuche, für die

---

1) Dr. Th. Nitschke: Pyrenomycetes germanici. I. B. Breslau 1867. p. 109.

mir zur Zeit eine zur Inficirung geeignete Pflanze fehlte, nicht mit Gewissheit entscheiden. Ich muss nur bemerken, dass für jetzt nichts gegen diese Annahme spricht. Das erste Auftreten der Krankheit an den Stammenden lässt sich dadurch erklären, dass hier die günstigsten Bedingungen für eine Keimung von angeflogenen Pilzsporen vorhanden waren, indem durch das von den Blättern beständig abfliessende Wasser hier ein permanent feuchter Boden erhalten wurde, wie er weiter unten am Stamme nicht mehr vorhanden war. Oberhalb dieser Stelle wurde der Stamm durch die Blätter gegen die Sporen geschützt.

Wie der Pilz auf unseren Pandanus gekommen, ist vorläufig nicht zu eruiren. Es ist nicht unmöglich und nach eingezogenen Erkundigungen sogar wahrscheinlich, dass das Melanconium schon längere Zeit unbeachtet auf dem Stamme vegetirt hat, ehe es sich in der gefährlichen Weise ausbreitete. Es wäre interessant zu erfahren, ob es häufiger und auch auf anderen Pflanzen in unseren Gewächshäusern vorkommt. Bis jetzt ist darüber nichts bekannt und in dem Palmenhause des breslauer botanischen Gartens konnte ich es weder an Pandaneen noch an anderen Gewächsen finden. Nectrien kommen bekanntlich an exotischen Pflanzen auch in unseren Warmhäusern nicht selten vor. Ob eine derselben mit der auf *Pandanus* vorkommenden identisch sei, ist noch fraglich. Ich fand in vorigem Winter auf abgestorbenem Zuckerrohr eine solche, welche von *Nectria Pandani* Tul. nicht zu unterscheiden ist.

Die vorgehende Erwägung, welche, wie ich glaube, mit möglichster Vorsicht angestellt worden ist, hat in dem der Beobachtung zu Grunde liegenden Falle von Stammfäule des Pandanus eine durch einen parasitischen Pilz veranlasste gefährliche Pflanzen-Krankheit erkennen lassen, ob dieselbe Ursache auch in anderen Fällen der Stammfäule der Pandaneen zu Grunde liegt, muss weitere Beobachtung lehren.

Mit der Erkenntniss der Ursache wäre auch der Weg zur Beseitigung der Krankheit gefunden worden, er bestände hauptsächlich in Bekämpfung der Pilzbildung, die im Anfange gewiss von Erfolg begleitet sein würde. Wo man zuerst die auffallenden grauen Warzen, die auf dem Durchschnitte schwarz erscheinen, auftreten sieht, würde man auf sie direct und in ihre nächste Umgebung pilztödtende Mittel anwenden, als welche sich besonders Theer und Carbolsäurelösung empfehlen lassen. Auch das Ausschneiden erkrankter Stammstücke, welches bei Pandaneen keine gefährliche Operation ist, wäre anzurathen. Auf diese Weise würde die weitere Ausbreitung der Pilzbildung und die durch sie veranlasste Stammerweichung vielleicht verhindert werden.

Ueber den

Brunnenfaden (Crenothrix polyspora)

mit

Bemerkungen über die mikroskopische Analyse des Brunnenwassers.

Von

Dr. Ferdinand Cohn.

Hierzu Tab. VI.

1. In seiner soeben erschienenen „Aetiologie und Statistik des Rückfallstyphus und des Flecktyphus“ (Deutsches Archiv für klinische Medizin, Band VII. Heft 3—4) hat Lebert von Neuem die Aufmerksamkeit auf den Einfluss hingelenkt, welchen die Beschaffenheit der Trinkbrunnen auf den öffentlichen Gesundheitszustand, welchen insbesondere schlechtes, durch organische Bestandtheile verunreinigtes Trinkwasser auf die Entstehung und Verbreitung gewisser epidemischer Krankheiten ausübt. Indem Lebert seine Untersuchungen hauptsächlich an die Verhältnisse der Stadt Breslau anknüpfte, hat derselbe auch Bezug genommen auf eine Reihe von mikroskopischen Analysen, welche ich selbst mit den Trinkbrunnen dieser Stadt vorgenommen habe. Als in der Choleraepidemie des Jahres 1852 und dann wieder in der noch verheerenderen des Jahres 1866 der Verdacht erregt wurde, dass in den Trinkbrunnen der ganz besonders heimgesuchten Strassen und Häuser eine Quelle der furchtbaren Intensität dieser Epidemie vorhanden sei, wurden mir von Seiten des Stadtphysikus, Geheimen Medizinalrath Dr. Wendt, eine grosse Anzahl verdächtiger Brunnen zur mikroskopischen Untersuchung übergeben. Die Resultate meiner Analysen aus dem Jahre 1852 habe ich in der Günsburg'schen Zeitschrift für klinische Medizin, Band IV. Heft 3, p. 229, sowie in einem vor der Naturwissenschaftlichen Section der Schlesischen Gesellschaft am

30. März 1853 gehaltenen Vortrage „über lebendige Organismen im Trinkwasser“ (Jahresbericht d. Schles. Ges. 1853. p. 91) veröffentlicht; die Analysen des Jahres 1866 befinden sich in den Acten der Breslauer Polizeibehörde und wurden von mir in der Sitzung der Naturwissenschaftlichen Section der Schlesischen Gesellschaft vom 24. October 1866 zusammengestellt. Das sanitätspolizeiliche Interesse, welches sich an derartige Untersuchungen knüpft, ist von Lebert in seiner Eingangs citirten Abhandlung so ausführlich erörtert worden, dass ich diesen Gesichtspunkt nicht zu berühren brauche; dagegen scheint es mir zweckmässig, über die von mir befolgte Untersuchsmethode und die aus ihr sich ergebenden naturhistorischen Thatsachen eine kritische Zusammenstellung zu geben, wobei ich von den lokalen Einzelheiten, welche in der Lebert'schen Arbeit theilweise aufgenommen sind, abstrahire; ich schliesse daran die specielle Untersuchung einer von mir in neuester Zeit im Brunnenwasser unterschiedenen Alge, welche in systematischer und entwicklungsgeschichtlicher Rücksicht vielfaches Interesse bietet, und zugleich den Beweis liefert, dass die mikroskopische Brunnenanalyse, wenn auch zunächst im Dienste der öffentlichen Gesundheitspflege unternommen, doch auch der reinen Wissenschaft manches werthvolle Material zu unterbreiten vermag.

2. Gegenüber den chemischen Analysen des Trinkwassers, deren Zahl und Genauigkeit sich von Jahr zu Jahr steigert, ist die Menge der mikroskopischen Untersuchungen, so weit sie mir bekannt geworden, noch eine ausserordentlich geringe. Seit Arthur Hill Hassal im Jahr 1850 in seiner Schrift *(a microscopic examination of the water supplied to the inhabitants of London and the suburban districts)* die zahllosen lebendigen und abgestorbenen Organismen im Londoner Trinkwasser abbildete und benannte, ist mir nur Radlkofer's mikroskopische Untersuchung der organischen Substanzen im Brunnenwasser (von München) in der Zeitschrift für Biologie, Band I., so wie die „Berichte über die Erhebungen der Wasserversorgungs-Commission des Gemeinderaths der Stadt Wien 1864“ zu Gesicht gekommen. Gleichwohl ist nicht zu bezweifeln, dass eine richtig geleitete mikroskopische Trinkwasseruntersuchung die chemische Analyse in den wesentlichsten Punkten unterstützt und ergänzt und über gewisse Fragen, gegen welche die Reagentien der Chemiker unempfindlich sind, allein Auskunft giebt.

In seiner von Zeit zu Zeit in offizieller Form publicirten Analysen des Londoner Trinkwassers vertheilt Frankland die Bestandtheile desselben in drei Haupt-Kategorien, die nachstehend characterisirt werden:

1) *soap destroying*, nämlich Kalk und Magnesiasalze, die den Härtegrad des Wassers bedingen und deren Quantität durch die Menge der zersetzten Seifenlösung bestimmt wird;

2) *Present sewage contamination*, d. i. stickstoffhaltige organische Verbindungen, von verwesenden Thier- und Pflanzenkörpern herrührend, welche durch die Cloaken in das Wasser gelangt sind;

3) *Previous sewage contamination*, d. i. Salpetrig- und Salpetersaure, sowie Ammoniaksalze, von denen angenommen wird, dass sie von den organischen Stoffen ad 2 herstammen, welche nach längerer Anwesenheit im Wasser zu Kohlensäure, Ammoniakverbindungen und Nitraten oxidirt sind.

Diese drei Kategorien von Körpern im Trinkwasser vermag auch das Mikroskop nachzuweisen. Die im Wasser lebenden Pflanzen fällen durch ihre Vegetation die kleinsten Spuren kohlensauren Kalks zwischen ihren Fäden in Krystallen aus; so habe ich im Landecker Thermal-Wasser Kalkkrystalle unter dem Mikroskop erkannt, noch ehe die Anwesenheit minimaler Spuren von kohlensaurem Kalk in diesem Wasser zuerst durch Lothar Meyer nachgewiesen wurde. Auch der Eisengehalt des Wassers, sowie etwaiger freier Schwefelwasserstoff, macht sich sofort an den mikroskopischen Algen bemerklich. Vor allem aber giebt die mikroskopische Untersuchung über die Anwesenheit, selbst über die qualitativen und quantitativen Verhältnisse der stickstoffhaltigen Verbindungen im Brunnenwasser entschiedene und directe Auskunft, welche die chemische Analyse nur in ungenügender Weise zu ermitteln vermag.

3. Die von mir selbst während der Choleraepidemie von 1852 und 1866, sowie in zahlreichen Fällen auch ausser diesen Zeiten untersuchten Wasser-Proben waren von Polizeibeamten im Auftrage der Sanitätsbehörde aus Breslauer Trinkbrunnen, insbesondere in stark inficirten Häusern, auf gewöhnliche Art in vorher sorgfältig gereinigte Wein- oder Selter-Flaschen geschöpft und die Korke mit amtlichem Siegel verschlossen. Aus diesen Flaschen wurde zunächst das Wasser in eine Porzellantasse gegossen, mit einer Glasplatte bedeckt und mehrere Stunden sich selbst überlassen; nach einiger Zeit wurde das Wasser abgegossen oder mit dem Heber abgezogen und die gebildeten Niederschläge unter das Mikroskop gebracht, wobei zugleich die Quantität und die äussere Beschaffenheit des Niederschlages — ob flockig, fädig, pulverig — notirt wurde. Die im Wasser lebenden Organismen suchte ich in einzelnen Tropfen, die auf's Gerathewohl, namentlich am Rande des Wassers herausgenommen wurden; man findet sie gewöhnlich in grösster Anzahl zwischen den Flöckchen des Niederschlages, von dessen Bestandtheilen sie sich ernähren. In neuester Zeit bediene

ich mich einer eigens dazu hergerichteten Glas-Pipette, um kleine Flöckchen direct aus den Original-Flaschen herauszuholen, ohne dass dieselben ausgegossen zu werden brauchen. Ich benutze eine 36 Cm. lange dünne Glasröhre, die am unteren Ende offen und hakenförmig schwach gebogen ist, um auch in enghalsigen Flaschen mit demselben den ganzen Boden erreichen zu können; das andere Ende ist glockig erweitert und mit einer Kautschukkappe luftdicht verschlossen. Drückt man den Finger auf die Kautschuklamelle, ehe man die Röhre in die Wasserflasche einführt, und hebt denselben wieder, sobald man die Spitze der Röhre einem Flöckchen genähert, so kann man dieses leicht herausholen und indem man das Wasser durch den Druck des Fingers aus der Röhre tropfenweis heraustreibt, das kleinste Flöckchen schliesslich mit einem einzigen Wassertropfen auf das Objectglas bringen.

4. Der mikroskopischen Analyse geht stets eine vorläufige Untersuchung des Trinkwassers mit blossem Auge voraus. Das Brunnenwasser ist entweder

a) klar und farblos,
b) klar und gefärbt, meist gelblich,
c) trübe.

a. Wasser, welches klar, farblos, krystallhell, bildet keinen oder doch erst in grösseren Quantitäten nach längerem Stehen einen unbedeutenden Absatz und zeigt unter dem Mikroskop gewöhnlich keine oder so gut wie gar keine mikroskopischen Beimengungen, namentlich weder Pilze noch Infusorien in irgend erheblicher Zahl. Solches Wasser, das in der Regel auch kohlensäurereich, daher sofort beim Eingiessen oder später an den Seitenwänden der Gläser Gasperlen ausscheidet, dabei nicht allzu kalkreich und daher bei längerem Stehen an der Luft sich nur mit unbedeutendem Kalkhäutchen bedeckt, scheint erfahrungsgemäss die zu einem wohlschmeckenden und gesunden Getränk erforderlichen Eigenschaften zu vereinigen. In Breslau sind Brunnen mit gutem Trinkwasser, namentlich in der innern Stadt, nicht ganz selten. In einem Theile der Schweidnitzer Vorstadt dagegen bilden selbst diejenigen Trinkbrunnen, welche normalen Anforderungen einigermassen entsprechen, gewöhnlich nach kurzer Zeit ein weisses Häutchen an ihrer Oberfläche, welches die Innenseite der Trinkgläser trübt und aus Krystallen von kohlensaurem Kalk besteht. Es scheinen diese Brunnen allzuhart, einen übermässigen Gehalt an doppeltkohlensaurem Kalk zu besitzen.

b. Klares aber gelblich gefärbtes Trinkwasser enthält Eisenoxydul in Lösung, welches sich nach einiger Zeit an der Oberfläche als ein

opalisirendes Häutchen, so wie am Boden als ein rothbrauner, rostfarbener, feinkörniger Niederschlag abscheidet; der letztere sammelt sich mit der Zeit in Flocken, welche oft sehr regelmässig auf dem Boden sich anordnen, ist aber amorph, nicht fädig, daher mit der Pinzette nicht herauszubekommen und bei jeder Bewegung des Wassers zerstiebend. Ist im Trinkwasser sehr viel Eisen ausgefällt, so erscheint dasselbe unmittelbar nach dem Schöpfen oder nach dem Schütteln schmutzig gelb, braun und trübe, wird aber nach kurzer Zeit durch Absetzen wieder klar mit gelblichem Schimmer. In Breslau sind mir namentlich in der Siebenhubener- und Sonnenstrasse Trinkbrunnen vorgekommen, die fast als Eisensäuerlinge betrachtet werden können. Gewöhnlich sind die eisenreichen Brunnen Breslau's auch reich an Kalk und freier Kohlensäure.

c. Trübes Wasser nimmt vor allem die mikroskopische Untersuchung zur Ermittelung der Ursache seiner Trübung in Anspruch.

Die Trübung rührt her von gelösten, meist organischen Substanzen, oder von einer masslosen Entwicklung von lebenden Organismen — Infusorien und Wasserpilzen, — in beiden Fällen tritt eine Klärung durch Absetzen gar nicht oder erst nach sehr langer Zeit ein.

Oder sie rührt von fremden im Wasser suspendirten Körnchen oder Flöckchen her, welche sich früher oder später als Niederschlag absetzen, worauf das Wasser wieder klar wird.

Der Niederschlag besteht aus 1) anorganischen, aus 2) Resten abgestorbener organischer und 3) aus lebenden Körpern und ist meist aus allen drei Kategorien gemischt.

1) Die unorganischen Niederschläge sind theils amorphes Eisenoxydhydrat, das wir bereits oben (ad b.) besprochen haben, theils kohlensaure Kalkkrystalle (vergleiche oben ad a) theils Fragmente von Russ, Quarz und anderen Mineralien, die durch den Staub ins Wasser gelangt sind.

2) Die Reste abgestorbener Thiere und Pflanzen stammen theils ebenfalls aus dem Staube (Leinen, Baumwolle, Wollfasern, Daunenstrahlen von Gänsefedern, Pflanzenhaare, Holz- und Strohpartikeln, Amylumkörnchen, viele Pilzsporen) theils aus Spülicht und Cloakenstoffen, die in die Brunnen gelangen (Mundepithel und Schleimkörperchen, *Faeces,* Reste von Nahrungsmitteln, Kartoffelzellen, Getreidezellen, Spiralgefässe, Fleischreste, Pilzsporen), theils von den Holztheilen der Pumpe (vermoderte Zellen von Laub- oder Kieferholz, Borkenzellen), theils von Thieren, die zufällig im Brunnen ertrunken sind (Rattenhaare, Schmetterlingsschuppen, Fliegen- und Spinnenbeine, Chitintheile verschiedener Insekten), theils endlich von Thieren und Pflanzen, die im Brunnenwasser gelebt haben und noch darin lebend angetroffen werden.

3) Die im Trinkwasser lebenden Organismen sind zwar bei der noch

immer viel zu geringen Zahl sachverständiger Untersuchungen durchaus nicht vollständig gekannt und noch weniger vollständig erkannt; doch haben alle bisherigen Beobachter überall bis jetzt dieselben Species aufgefunden, so dass sich wohl annehmen lässt, dass in den eigenthümlichen Verhältnissen der Brunnen nur eine ganz bestimmte Klasse von Thieren und Pflanzen vorkommt.

Wir können diese Organismen in drei Kategorien theilen, welche einem verschiedenen Grade der Reinheit des Wassers entsprechen. Diatomeen und grüne Algen *(Conferven, Protococcus, Scenedesmus etc.)* setzen ein an organischen Stoffen a r m e s Wasser, sowie Zutritt des Lichtes voraus, unter dessen Einfluss sie die Kohlensäure des Wassers zerlegen und zu ihrer Ernährung verwerthen. In faulendem Wasser gehen diese Algen bald zu Grunde; von ihnen ernähren sich gewisse grössere und schönere Arten der Infusorien, insbesondere viele Ciliaten (*Nassula, Loxodes, Urostyla etc. etc.)*, von letztern oder direct von den Algen wieder Entomostraceen *(Daphnia, Cyclops, Cypris)* und die meisten Räderthiere, sowie Borstenwürmer *(Naiden)* und Mückenlarven. Ihre Gegenwart in geringer Zahl ist daher innerhalb gewisser Grenzen mit der Reinheit des Wassers durchaus nicht unvereinbar.

Brunnenwasser, das viel organische Reste in f e s t e r Form suspendirt enthält, ist der Boden für W a s s e r p i l z e, welche sich von jenen Ueberresten nähren. Von organischen Resten leben auch die carnivoren Infusorien (gewisse *Amoeben, Paramaecium Aurelia, Amphileptus Lamella, Oxytricha Pellionella, Epistylis spec., Chilodon Cucullulus, Euplotes Charon etc.)*, ferner *Anguillulae* und das Räderthier *Rotifer vulgaris,* sowie gewisse *Tardigraden* und Milben.

Brunnenwasser endlich, das organische Stoffe in grosser Quantität g e l ö s t enthält, befindet sich in einem Zustande der Fäulniss oder Gährung, der sich oft durch übelen Geruch und Entwickelung von Gasen bemerklich macht, und wimmelt in Folge dessen von Gährungspilzen und den eigentlichen Fäulnissinfusorien, die mundlos, sich ausschliesslich von gelösten organischen Verbindungen ernähren und mit dem Aufhören des Fäulnissprocesses verschwinden. Es sind das Schizomyceten aller Art und die meisten *Infusoria flagellata: Bacterien (Zoogloea), Vibrionen, Spirillen, Monaden, Chilomonaden, Cryptomonaden etc.*, gewisse *Amoeben, Peranema trichophorum*, auch wenige grössere bewimperte Infusorien *(Glaucoma scintillans, Vorticella infusionum, Colpoda Cucullus, Enchelys, Paramaecium putrinum, Cyclidium Glaucoma, Leucophrys pyriformis)*, welche sich unter solchen Bedingungen am reichlichsten und zwar so massenhaft entwickeln, dass das Wasser von ihnen oft undurchsichtig milchähnlich getrübt, opalisirend

aussieht. Solches Wasser ist offenbar zum Getränk nicht geeignet; gleichwohl habe ich gefunden, dass einige breslauer Brunnen diesen Character an sich getragen haben.

5. In Bezug auf die Beziehungen des Trinkwassers zu einer Epidemie kann die mikroskopische Untersuchung entweder darauf gerichtet sein, in wiefern das Wasser im Allgemeinen eine der Gesundheit zuträgliche oder nachtheilige Beschaffenheit hat, in welch letzterem Falle dasselbe die aus anderen Ursachen herbeigeführte Erkrankung beschleunigen oder auch zur Infection eine Gelegenheitsursache abgeben kann. In meinem vor 17 Jahren veröffentlichten Bericht über die breslauer Brunnen habe ich diesen Gesichtspunkt in den Vordergrund gestellt.

Die seitdem gemachten Entdeckungen über die durch Pilze veranlassten Epidemieen im Thier- und Pflanzenreich nöthigen uns aber auch einen zweiten Gesichtspunkt nicht ausser Acht zu lassen, dass nämlich ein eigenthümliches Typhus- oder Choleragift, das selbst in geringer Quantität auf einen Menschen übertragen, dessen Infection veranlasst, möglicherweise im Trinkwasser enthalten sei. Ist dieses Gift eine nicht organisirte, gasförmige oder flüssige Substanz, so wird natürlich dessen Existenz im Wasser durch das Mikroscop nicht direct nachzuweisen und nur indirect der Verdacht seiner Anwesenheit gerechtfertigt sein, wo eine Communication des Trinkwassers mit notorischen Quellen von Contagien sich nachweisen lässt.

Entsteht insbesondere das Choleragift nach der gegenwärtig allgemein verbreiteten Anschauung wirklich aus den in Zersetzung begriffenen Dejectionen der Cholerakranken, so muss jede Verbindung der Brunnen mit Latrinen, Cloaken, Spülwässern dem Trinkwasser den Giftstoff unmittelbar zuführen. Eine solche Verbindung lässt sich nun durch das Mikroskop direct nachweisen, wenn im Trinkwasser Faecalmassen unter dem Mikroskop erkennbar sind oder indirect vermuthen, wo eine grosse Menge von organischer Substanz, resp. der von ihrer Zersetzung sich ernährenden Pilze und Infusorien im Wasser vorhanden ist.

6. Aber wenn auch keine directe Communication der Brunnen mit den Cloaken stattfindet, giebt die mikroskopische Untersuchung noch über eine andere, in neuerer Zeit angeregte Frage Auskunft. Nach einer bekannten Theorie wird das Choleragift, nachdem es aus den Dejectionen der Kranken sich entbunden, in den oberen Bodenschichten durch das Grundwasser verbreitet, die mit organischen Stoffen übersättigt, in Folge der Bewegungen des Grundwassers zu einem Heerde des Contagiums werden. Das Mikroskop giebt uns nun Mittel an die Hand zur Unterscheidung der Brunnen, welche aus tieferen Erdschichten ent-

springen, zu denen das Grundwasser keinen Zutritt findet und denen, die ihr Wasser nur oder doch zum Theil aus den oberflächlichsten Lagen der Erdrinde erhalten. Während die ersteren nur anorganische Bestandtheile und daher gar keine Pilze und Gährungsinfusorien, sondern, wenn überhaupt Organismen, nur braune und grüne Algen und von diesen sich nährende Wasserthierchen enthalten, sind letztere an organischen Bestandtheilen bei weitem reicher; sind insbesondere bedeutende Quantitäten solcher Stoffe im Brunnenwasser gelöst und dieses dadurch in Fäulniss gerathen, so ist als sicher anzunehmen, dass das Wasser Erdschichten durchsickert hat, welche mit gährungsfähigen Stoffen übersättigt waren; für solches Wasser wird daher stets die Vermuthung gestattet sein, dass dasselbe auch mit Contagien infiltrirt sei, selbst wenn specifische, optisch unterscheidbare Träger des Giftes nicht nachweisbar sind.

7. Indess darf doch die Möglichkeit nicht ausser Augen gelassen werden, dass unter den mikroskopischen Organismen des Trinkwassers auch solche vorhanden sind, welche zu den Epidemien in directer Beziehung stehen. Bekanntlich hat Klob angenommen, die sogenannten Reiswasserstühle der Cholera seien, verschieden von gewöhnlichem Darmschleim, Gallertmassen, welche die Organisation einer Zoogloea besitzen und aus zahllosen äusserst kleinen (0,003 $^{mm.}$), in Gallert eingebetteten farblosen Zellchen bestehen, die auch frei sich als Bacterien bewegen; diese Angabe ist meines Wissens noch nicht widerlegt worden. Andererseits hat sich aus den zahlreichen Verhandlungen in der Pariser Akademie und insbesondere durch die Versuche von Raimbert (Comptes rendus 11. October 1869) mit hoher Wahrscheinlichkeit herausgestellt, dass die von Davaine im Blute von milzkrankem Vieh kurze Zeit vor dem Tode in ungeheurer Menge beobachteten Bacteridien, durch Aasfliegen auf gesunde Thiere gebracht, die Ansteckung übertragen. Anscheinend sind diese Bacteridien den *corpusculus en chapelets* verwandt, welche nach Béchamp's und Pasteur's Beschreibungen im Blute der an der epidemischen *Flacherie* leidenden Seidenraupen gefunden werden; hieran reiht sich der durch Chauveau mit glücklichem Scharfsinn durch Diffusionsversuche geführte Nachweis, dass das Virus der Schafpocken, der Vaccine und Variola weder gasförmig noch flüssig sein kann, sondern dass es an geformte ausserordentlich kleine Körperchen gebunden sein müsse. Erwägt man alle diese Thatsachen, so lässt sich, wie ich bereits im Jahresbericht der Schlesischen Gesellschaft für 1867 (Verhandlungen der botanischen Section vom 12. December p. 57) hervorgehoben, die Möglichkeit nicht in Abrede stellen, dass unter den Schizomyceten und farblosen Palmellen

(Bacterien, Zoogloeen etc.) des Brunnenwassers auch die mikroskopischen Träger specifischer Contagien vorhanden seien. In dieser Beziehung ist hervorzuheben, dass ich fast in allen von mir untersuchten Brunnen, die aus besonders stark von der Cholera inficirten Häusern herrührten, bewegliche Bacterien oder Zoogloeagallert meist in grösster Menge beobachtet habe.

In den Brunnen der Mehlgasse und des Laurentius-Kirchhofs, wo 1866 die Seuche mit ganz besonderer Intensität wüthete, habe ich so zahllose Bacterien gefunden, dass dieselben den von mir oben pag. 114 geschilderten Character boten und dass ich in meinem amtlichen Bericht an den Stadtphysikus, Geh. Medizinalrath Dr. Wendt im August 1866 die Vermuthung ausgesprochen habe, die sich mir durch den Anblick des mikroskopischen Befundes gewissermassen unwillkührlich aufdrängte, es möchten jene Bacterien vielleicht die unmittelbaren Träger des Choleragiftes sein. Wenn diese Beobachtungen noch zu keinen bestimmten Schlussfolgerungen berechtigen, so liegt dies an dem viel zu spärlichen und unsicheren Material der bisherigen Untersuchungen, namentlich darin, dass noch von keinem einzigen Brunnen regelmässige mikroskopische Analysen, welche längere Zeiträume umfassen und etwaige Unterschiede in normalen Zeiten und während einer Epidemie hervortreten lassen könnten, gemacht worden sind. Um so dringender scheint mir die Pflicht der Sanitätsbehörden, solche Beobachtungsreihen an möglichst zahlreichen Trinkbrunnen zu veranlassen, deren Ergebnisse, seien sie positiver oder negativer Art, in gleicher Weise der öffentlichen Gesundheitspflege zu Gute kommen würden.

8. Abgesehen von den Bacterien und Zoogloeen enthalten die Brunnenwässer eine grosse Menge von farblosen oder gelb oder braun gefärbten Fäden, welche ich früher geneigt war als eigenthümliche Species sogenannter Pilzalgen (Mycophyceae), zu betrachten, von denen es aber mir jetzt wahrscheinlicher ist, dass sie von wirklichen Fadenpilzen stammen, die im Wasser gekeimt und zu mehr oder minder abnormen Mycelbildungen entwickelt sind. Es ist bekannt, dass *Penicillium glaucum, Mucor Mucedo, Aspergillus, Fusisporium* und zahlreiche andere Pilze im Wasser ihr Mycel üppig entwickeln, ohne zu fructificiren, und ich zweifle nicht daran, dass unter den in allen Brunnen von mir und Anderen angetroffenen, meist als *Leptothrix, Hygrocrocis, Leptomitus* bezeichneten Fäden ein grosser Theil Mycelien von den oben erwähnten Arten, oder anderen vielleicht noch unbekannten Pilzen sind.

Auch sporenähnliche Zellen finden sich im Brunnenwasser in grösster Mannigfaltigkeit und oft in zahlloser Menge. Mag auch ein Theil der-

selben mit dem Staube oder verwesenden Stoffen ins Wasser hineingefallen sein, wie ich das von den zahlreich beobachteten Ustilago-, Puccinia-, Phragmidium-, Cladosporium- und Fusisporium-Sporen annehmen muss, so lassen doch viele dieser Formen sich durchaus nicht mit bekannten Sporen identificiren und mögen theils eigenthümliche Fructificationen (Sporen, Gonidien, Conidien) von Wasserpilzen, theils überhaupt gar keine Pilzkeime, sondern encystirte Monaden, Amoeben oder Myxomyceten-Formen sein.

Endlich ernährt das Brunnenwasser anscheinend eine Anzahl ihm eigenthümlicher Organismen, die bis jetzt noch gar nicht oder doch nicht genügend gekannt sind. Radlkofer hat in den Brunnen von München eine farblose Palmelle *(Palmellina flocculosa)* mit äusserst kleinen dicht gelagerten Zellchen gefunden, die dort die Hauptmasse des Brunnenschlamms darstellt, von mir selbst hier nicht sicher unterschieden worden ist. Ich selbst habe in den meisten Breslauer Trinkbrunnen braune Flöckchen beobachtet, oft in ausserordentlicher Menge, und habe dieselben stets als Anzeige eines reichlichen Eisengehalts betrachtet, da die braune Farbe vom Eisen herrührt. Aber die Flocken sind keineswegs immer anorganischen Ursprungs, vielmehr bestehen sie grösstentheils aus dünnen einfachen oder verästelten durcheinander gefilzten Fäden, zwischen denen oft amorphes Eisenoxydhydrat ausgefällt ist. Sind diese Fäden dicker und dichotom verästelt, so werden sie gewöhnlich als *Stereonemen* bezeichnet; d. h. es sind die Stiele von köpfchenbildenden Monaden *(Anthophysa vegetans)*, welche sich später losreissen und als traubenartige Colonien *(Uvella)* im Wasser umher schwimmen; sie bezeichnen ausser dem Eisengehalt auch einen Zustand angehender Fäulniss im Wasser, an dessen Oberfläche sie oft dunkelbraune Häute bilden. Nicht minder häufig habe ich aber in braunen Flocken fädige Bildungen angetroffen, welche unverzweigt, farblos oder gelblich, von mir früher als Arten von *Leptothrix* oder *Hygrocrocis* betrachtet wurden, bis ich mich in neuester Zeit überzeugt habe, dass es eine bis jetzt nicht unterschiedene Gattung und Art sei, welche eine monographische Bearbeitung verdient.

9. Durch Herrn Geheimrath Professor Dr. Lebert erhielt ich am 3. März 1870 zwei Flaschen mit Wasser aus dem Brunnen Grosse Rosengasse No. 13, einer berüchtigten Typhusgegend von Breslau. Das Wasser war etwas trübe, wie dies stets der Fall ist, wenn in demselben Bacterien reichlicher entwickelt sind; ausserdem aber schwammen im Wasser eine nicht geringe Menge kleiner hellbraungelber Flöckchen von 1 — 2 mm. Grösse, die sich nach einiger Zeit am Boden absetzten und leicht zu grösseren Flocken zusammenballten. Die

Flöckchen waren von Bacterien und Vibrionen, Amoeben und Monaden, von Glaucomen und Oxytrichen umschwärmt, sie selbst bestanden aber — abgesehen von zufällig eingestreuten Woll- und Leinwandfasern, Schmetterlingsschuppen und Milbenbälgen, sowie verschiedenen Wasserpilzen — aus den Fäden einer farblosen Alge, welche locker durcheinander gewirrte Räschen darstellten.

Seit dieser Zeit habe ich zum Zwecke weiterer Untersuchung bis Ende Juli sehr häufig Wasser aus diesem Brunnen holen lassen und ohne Ausnahme darin stets die nämlichen gelben Flöckchen bald in grösserer bald in geringerer Zahl gefunden. Auch in mehreren anderen Brunnen um und in Breslau beobachtete ich dieselbe Alge, so das ich sie für eine im Brunnenwasser sehr verbreitete Form halten muss. Möglich freilich, das der ursprüngliche Wohnort derselben nicht das Trinkwasser selbst, in welchem ich sie bisher allein beobachtet, sondern entweder der Grund oder die Seitenwände des Brunnens sind, und dass sie nur zufällig beim Auspumpen in einzelnen Räschen losgerissen werden. Indess spricht der Umstand, dass diese Alge bisher noch nie in offenem Wasser gefunden wurde, sowie ihre Farblosigkeit dafür, dass dieselbe für die von Licht abgeschlossenen Räume der Brunnen charakteristisch ist, und ich halte mich daher berechtigt, da sie einer meines Wissens noch nicht gekannten Gattung und Art angehört, sie als Brunnenfaden *(Crenothrix polyspora)* zu beschreiben.

10. Wie ich schon oben bemerkte, sind die gelben Flöckchen der Hauptsache nach gebildet durch dünne und lange, steife oder wenig gekrümmte, oder auch in einander geflochtene Algenfäden, welche im Wesentlichen die bekannte Structur der Oscillarien zeigen (Vgl. Tab. VI. Fig. 20); ein jeder Faden besteht aus einer einfachen Reihe gleichartiger Zellen und ist von einer starren Scheide eingeschlossen. Der Inhalt sämmtlicher Zellen ist ein durchaus farbloses, homogenes oder feinkörniges Protoplasma ohne Spur von Phycochrom oder einem anderen Farbstoff; in stärkeren Fäden erkennt man, dass das dichte Protoplasma nur einen Wandbelag auf der Innenseite der Zellhaut bildet und dass die Zellhöhle von wasserhellem farblosen dünneren Zellsaft eingenommen ist, daher die Zellen wie hohl aussehen. (Fig. 1, 13, 15.)

Die Scheiden sind bei den dünnen Fäden unmessbar zart und nicht zu unterscheiden, in den dickeren Fäden dagegen sind sie stärker entwickelt, mit scharfer Doppelcontur, pergamentartig, von dem Gliederfaden selbst deutlich geschieden (Fig. 5, 6), in abgestorbenen Fäden als leere Hülsen zurückbleibend (Fig. 16); auch kann im Laufe der Entwicklung der Faden aus seiner Scheide ganz oder theilweise heraustreten. Ohne Zweifel entsteht die Scheide aus den äussersten

cylindrischen Lamellen sämmtlicher Gliederzellen, deren einzelne Stücke, wie bei der Bildung der Cuticula, unter einander verschmelzen; diese Lamelle verdickt sich im Laufe der Entwicklung und scheint manchmal an ihrer Aussenfläche gallertartig aufzuquellen; wenigstens werden die Scheiden oft durch anhängende Körnchen trübe und so undurchsichtig, dass der eingeschlossene Gliederfaden kaum erkennbar ist (Fig. 17). Die Scheiden sind anfänglich farblos; werden aber später lebhaft gelb oder braun; diese Färbung rührt von Eisenoxydhydrat her, welches sich durch die Vegetationsthätigkeit der Zellen in ähnlicher Weise in der Membran der Scheiden ablagert, wie die Kieselerde in den Panzern der Diatomeen oder der kohlensaure Kalk in den Zellmembranen der Melobesiaceen. Man kann sich davon leicht überzeugen, wenn man zu den gelben Crenothrixfäden ein Gemisch von Salzsäure und gelbem Blutlaugensalz hinzutreten lässt; es wird alsdann das durch die Säure ausgezogene Eisen noch in den Scheiden sofort wieder ausgefällt, so dass diese sich dann auf das Schönste blau färben. Die Zellen des Fadens selbst sind farblos und enthalten auch kein Eisen. Fügt man das Blutlaugensalz erst nach der Salzsäure zu, so bildet sich natürlich auch Berlinerblau, aber da das Eisenchlorid sich vorher in der Flüssigkeit vertheilt hat, in amorphen Flocken, ohne dass sich der Sitz des Eisens dadurch feststellen liese. Ich halte es für wahrscheinlich, dass die gelbe oder braune Färbung, welche auch in den Scheiden anderer Nostochineen und Scytonemeen und in den sogenannten Stereonema-Fäden (den Stielen der *Anthophysa vegetans)* beobachtet wird, ebenfalls von eingelagertem Eisen herrührt. Wenn die Crenothrix-Flocken übrigens schon dem blossen Auge sich bräunlichgelb gefärbt zeigen, so ist die Ursache davon nicht blos der Eisengehalt der Scheiden, sondern auch eine eigenthümliche, das Licht stark brechende, hell- oder dunkelgoldgelbe, oelartig ausehende, klare Substanz, welche die Fäden auf weite Strecken mehr oder minder gleichmässig oder in knotigen Anschwellungen einhüllt, in Salzsäure gelöst wird und durch Zusatz von Blutlaugensalz sich eisenhaltig erweist (Fig. 20). Ich vermag nicht anzugeben, was es mit dieser Substanz für eine Bewandniss hat.

11. Bei den Crenothrix-Fäden fällt zunächst deren ausserordentlich verschiedene Dicke auf, welche auf den ersten Blick es zweifelhaft macht, ob man es nicht mit verschiedenen Arten zu thun habe. Ich mass Fäden von 0.00525, 0.0040, 0.0036, 0.0033 $^{mm.}$ (5,25—3,3 Mikromillimeter); aber in demselben Filz treffen wir auch Faden von 2, ja nur 1,5 Mikrom. (Fig. 17, 8, 7, 6, 1). Bei genauerer Untersuchung finden wir, dass die Breite in einem und demselben Faden zwischen den oben

angegebenen Extremen variirt. Die Fäden sind nämlich nicht gleichmässig cylindrisch, sondern sehr verlängert pfriemförmig, an dem einen Ende, das wir als die Basis bezeichnen können und das in der That oft als Anheftepunkt des Fadens dient, am dünnsten, verdicken sie sich ganz allmählich nach dem entgegengesetzten Ende, der Spitze, wo sie den grössten Durchmesser erreichen (Fig. 20, 9, 10). Ebenso verschieden ist das Verhältniss der Höhe der einzelnen Glieder des Fadens zu ihrer Breite. Bekanntlich vermehren sich die Fadenglieder der Oscillarieen durch beständige Quertheilung der Zellen, so dass wir bei allen Oscillarieen in einem und denselben Faden Zellen von einfacher bis doppelter Höhe finden, je nachdem die Quertheilung mehr oder weniger vorbereitet ist. Aber bei Crenothrix bewegen sich die Differenzen in der Höhe der Zellen innerhalb viel weiterer Grenzen. Bezeichnen wir die Zellenhöhe als die normale, welche ihrer Breite gleichkommt (quadratischer Contur, Fig. 1, 15), so finden wir nicht blos Fäden oder Fadenstücke mit halb so hohen Gliedern (Fig. 9, 10), sondern auch insbesondere dünnere Fäden, bei denen die Zellen umgekehrt doppelt, ja viermal so hoch als dick (Fig. 7, 17) sind (Höhe der Zelle von 2,1 bis 3,15 und 5,25 Mikrom.).

12. In vielen Fäden ist das Endglied bei weitem länger als die übrigen Zellen; ich mass in einem Faden von 3,67 Mikrom. Breite das cylindrische Endglied von 26,25 Mikrom., während die nächstfolgenden Zellen 5,25 Mikrom. Höhe massen, also fünfmal kürzer waren (Fig. 15). Mitunter ist dieses Endglied nicht blos länger, sondern auch breiter als die eigentlichen Fadenglieder und zeigt eine verlängert ellipsoidische Gestalt, erinnernd an die Sporen von *Cylindrospermum* (Fig. 13, 14). Ein solches verlängertes Endglied begrenzt stets das Wachsthum des Fadens in der Richtung seiner Achse, indem die Zelle zunächst unter dem Endglied durch eine schiefe Scheidewand sich theilt, verlängert sie sich zugleich seitlich unter dem Endglied und wächst in Folge wiederholter Quertheilungen zu einem nach der Seite ausbiegenden Aste aus, welcher an die Astbildung der Scytonemeen erinnert (Fig. 13, 14). Solche Fäden mit angeschwollenem Endglied und seitlichem Aste fand ich in verschiedener Dicke von 3 — 5,25 Mikrom. Die angeschwollenen Endglieder sind nicht mit klarem Safte, wie die sogenannten Grenzzellen der Nostocaceen, sondern mit feinkörnigem Protoplasma erfüllt, so dass sie den Manubrien der Rivularien gleichen und wie diese vielleicht als Sporen betrachtet werden können; doch habe ich ihre weitere Entwicklung nicht verfolgen können und vermuthe nur, dass aus der Membran (Scheide) des Endgliedes der Inhalt anscheinend als eine grosse Spore austritt; wenigstens beobachtete ich an mehreren Fäden entleerte Endglieder, die an der Spitze durchbohrt schienen (Fig. 13). Von die-

sen „Sporen“ stammen, wie ich glaube, farblose kurze Oscillarien-ähnliche Fäden, aus höchstens acht cylindrischen Gliedern bestehend, 5—6 Mikrom. breit und etwa doppelt so hoch, mit äusserst zarter, durchsichtiger Membran, scheidenlos und mit einer eigenthümlichen langsamen gleitenden Bewegung begabt, welche ich einige Mal in Crenothrix-Flöckchen beobachtete (Fig. 19). Nach ihrer Farblosigkeit muss ich annehmen, dass diese eigenthümlichen Fäden in den Entwicklungskreis von Crenothrix gehören und aus den „Sporen“ in ähnlicher Weise hervorgehen, wie sie de Bary für die Entstehung der Rivularien-Fäden aus den Manubrien (Beitrag zur Kenntniss der Nostocaceen, Flora 1863) und Thuret für *Cylindrospermum* (*Ann. sc. nat. 3. ser. Tom. 2)* beobachtet haben.

13. Während die Bildung sporenähnlicher Endglieder bei Crenothrix seltener auftritt, finden wir eine andere Fortpflanzungsweise so überaus verbreitet, dass ich sie fast in allen Fäden zu den verschiedensten Beobachtungszeiten antraf und ihre ganze Entwicklungsgeschichte unter der feuchten Kammer verfolgen konnte. Die von mir zu diesem Zwecke im Pflanzenphysiologischen Institut benutzte feuchte Kammer ist aus dem von Prof. Nobbe construirten, im Tharander forstlichen Jahrbuch für 1869 beschriebenen Keimapparat hervorgegangen, den wir aus der Ziegelfabrik von J. M. Pröhl in Chemnitz bezogen haben; sie besteht aus einer unglasirten, gebrannten, porösen Thonplatte von 5 Cm. Höhe und 10 Cm. Seite; an ihrer Oberfläche befindet sich eine flache uhrglasartige Aushöhlung von 2 Cm. Tiefe, zur Aufnahme der Objectgläser, die mit einer dicht aufliegenden Glasplatte bedeckt werden kann. Wird diese Thonplatte in einen Glasnapf mit Wasser gestellt, so saugt sie sich voll und das Präparat auf dem Objectglas befindet sich innerhalb der mit der Glasplatte verschlossenen Aushöhlung in einer mit Wasserdampf stets gesättigten Atmosphäre, so dass der das Präparat umgebende Wassertropfen, vom Deckglas bedeckt, nach 24 Stunden nur äusserst wenig durch Verdunstung verliert; wurde alle Tage ein Tröpfchen destillirtes Wasser zugefügt, so konnte das Präparat wochenlang unversehrt erhalten und seine Entwicklung bequem verfolgt werden. Zu dem gleichen Zweck benutzen wir mit Vortheil Glas- oder glasirte Thonnäpfe, welche mit einer Glasplatte zugedeckt und mit Moos, das sich im Wasser vollgesogen, gefüllt sind. Werden die Objectgläser auf das feuchte Moos gelegt, so widerstehen die Wassertropfen mit den Präparaten sehr lange Zeit der Verdunstung.

Die Fortpflanzung von Crenothrix beginnt damit, dass sich der farblose Inhalt in den einzelnen Zellen von der Zellwand etwas abhebend, zu sphäroidalen Plasmamassen verdichtet. In Folge dessen

erscheint der in der Fortpflanzung begriffene Faden rosenkranzförmig gegliedert, an die Fäden von Nostoc erinnernd (Fig. 6, 8), während der sterile Faden die gewöhnliche Structur der Oscillarien mit cylindrischen Zellen repräsentirt (Fig. 7, 14). Die Fortpflanzung tritt ein bei Fäden des verschiedensten Durchmessers, dünnen wie dicken; sie verfolgt zwei, übrigens nicht scharf getrennte Modificationen, die ich als Macro- und Microgonidienbildung unterscheiden will.

14. Die Microgonidien sind die häufigste Fortpflanzungsweise; ich habe sie stets bei den dickeren Fäden beobachtet. Die Zellen solcher Fäden dehnen sich zuerst etwas in die Breite und indem sie sich gleichzeitig der Quere nach theilen, nehmen sie dadurch die Gestalt niedriger Scheiben an, die kaum halb bis ein Viertel so hoch als breit sind. Alsdann theilt sich ihr Inhalt vermittelst einer durch die Längsachse gelegten Scheidewand zunächst in zwei, darauf durch eine zweite ebenfalls durch die Längsachse gehende und auf der ersten senkrecht stehende Scheidenwand in vier keilförmige Stücke; durch mehrfach wiederholte Theilung, die sich im Speciellen wegen ihrer Kleinheit nicht gut verfolgen lässt, zerfallen endlich die Zellen des Fadens, jede in eine grosse Zahl, mindestens 16 sehr kleiner Plasmakugeln, welche von mir als Microgonidien bezeichnet werden (Fig. 9). Dieser Vorgang beginnt an dem einen Ende des Fadens, das hierdurch als ein oberes bezeichnet und gewöhnlich frei aus dem Rasen hervorragt, und schreitet mehr oder weniger weit nach abwärts fort. Die einzelnen Gonidien sind anscheinend membranlose Primordialzellen, die in ihrer Anordnung anfangs den ursprünglichen Fadengliedern entsprechen, aber sich bald zwischen einander verschieben, indem die Zellstoffquerwände, welche die Glieder trennten, von ihnen durchrissen oder resorbirt werden. Die Scheide nimmt an den Theilungsvorgängen keinen Antheil; sie umhüllt vielmehr als Sporangium die Gonidien, welche bald einen grösseren oder kleineren Theil der oberen Fadenhälfte einnehmen, in der Regel eine Röhre von 200 Mikrom. Länge dicht erfüllen. Während der Entwicklung der Gonidien dehnt sich gleichzeitig die Scheide mehr oder weniger, bisweilen selbst auf das Doppelte und Dreifache ihres früheren Durchmessers aus und nimmt dadurch eine fast keulen- oder bandförmige Gestalt an, indem sie eine Dicke von 6,3—7,3—9 Mikrom. erreicht (Fig. 9, 10, 11). In einem Falle bildet das gonidienführende Ende eine Keule von 14,7 Mikrom., das sich ganz allmählich in den sterilen, nur 5,25 Mikrom. breiten Faden verjüngte und von zahllosen kugeligen, farblosen Gonidien vollgestopft war (Fig. 12).

Die Gonidien streben nunmehr aus der Spitze des Sporangium oder der Fruchtkeule auszutreten und schieben sich an einander nach vorn,

etwa wie die Zoosporen von *Achlya*, wenn dieselben im Ausschwärmen begriffen sind. Aber die Gonidien von Crenothrix bewegen sich nur langsam gleitend der Spitze zu, vor der sie sich allmählich zu vielen Tausenden anhäufen, um bald durch nachgleitende Gonidien verdrängt zu werden. So entleert sich allmählich die Fruchtkeule von den Gonidien vollständig, so dass jene eine leere Hülse darstellt, in welcher höchstens vereinzelte Gonidien, die den Ausweg nicht finden konnten, zurückbleiben (Fig. 12), während in den tieferen Gliedern des Fadens die Gonidienbildung weiter fortschreitet (Fig. 10). In der Regel kann man in der Länge des Fadens alle Stufen der Gonidienbildung beobachten; oft folgt nach einer Anzahl von ungetheilten Zellen wieder mitten im Faden eine Gruppe von solchen, die sich zur Gonidienbildung anschicken. (Fig. 9.)

Die ausgetretenen Gonidien haben eine kugelige oder verlängert-rundliche Gestalt, so dass sie in dem einen Querschnitt kreisrund, im anderen mehr cylindrisch aussehen (Fig. 3); sie sind vollständig farblos und lassen mit der Immersionslinse Gundlach VIII. Protaplasma und Zellsaft (eine centrale Vacuole) oft deutlich, eine Membran dagegen nicht sicher unterscheiden; ihr kürzerer Durchmesser beträgt höchstens 2 Mikrom. und mag bis auf 1 Mikrom. herabsinken; dagegen sind sie oft um das Doppelte länger, alsdann der Quere nach in der Mitte eingeschnürt. Sehr viele Gonidien sind völlig quergetheilt und besitzen semmelförmige Gestalt. Sie sind anscheinend unbewegt; betrachtet man sie aber sorgfältig durch einige Zeit in Wassertropfen, so findet man, dass viele derselben eine langsam rollende gleichsam sich wälzende Bewegung haben, die der Molecularbewegung ähnlich sieht, aber nach einem gewissen Zeitraum nicht unbedeutende Ortsveränderungen zur Folge hat.

15. Die Bildung der Macrogonidien, die fast nie gleichzeitig an demselben Faden mit der der Microgonidien vorkommt, unterscheidet sich von den hier geschilderten Vorgängen zunächst nur dadurch, dass die einzelnen Zellen des Fadens sich nur in zwei, höchstens in vier Stücke theilen, die dem entsprechend eine relativ bedeutendere Grösse, von 3—5 Mikrom. im Durchmesser, besitzen, im Uebrigen aber in derselben Weise sich zwischen einander hin schieben und aus dem vorderen Ende der Scheide hervordrängen (Fig. 1). Im Wasser bleiben die ausgetretenen Macrogonidien ebenfalls in kleinen Häufchen verbunden vor dem offenen Ende des Fadens liegen, welcher keine keulenförmige Anschwellung zeigt (Fig. 1), bis sie sich allmählich mit gleitend-wälzender langsamer Bewegung zerstreuen. Einige Mal beobachtete ich einen vor der Oeffnung der Scheide liegenden Haufen von Macro-

gonidien, die an einander haftend als Ganzes langsam rotirten, etwa wie der Embryo einer Rotifere innerhalb seiner Eischale umherrollt. Ihrer bedeutenderen Grösse gemäss lässt sich die Beschaffenheit der Macrogonidien als kurz cylindrische Zellen mit wandständigem Protoplasma und wässrigem Zellsaft noch besser erkennen; auch sind dieselben meist in Quertheilung begriffen und demnach in der Mitte eingeschnürt oder zu Doppelgonidien paarweis verbunden (Fig. 2).

Bei schmäleren Crenothrix-Fäden (von 3 Mikrom. oder weniger im Querdurchmesser) entsteht in jeder Fadenzelle nur eine einzige Macrogonidie, indem sich der Inhalt derselben zu einer freien Primordialzelle abrundet, die meist durch eine mehr oder minder tiefe Quereinschnürung in der Mitte den Beginn der Theilung anzeigt. Diese Macrogonidien drängen sich unter Durchbrechung der Querscheidewände des Fadens aus dem vorderen Ende der nicht erweiterten Scheide in einfacher oft unterbrochener Reihe heraus, und unterscheiden sich im Wasser durchaus nicht von den aus der Zwei- oder Viertheilung in dickeren Fäden hervorgegangenen Gonidien (Fig. 1, 5, 8). Auch kommt es vor, dass am selbem Faden sich Reihen von Macrogonidien aus dem Vollinhalt neben solchen aus getheilten Zellen bilden. Wo immer die Fäden die Rosenkranzform von Nostoc zeigen, sind dieselben in Macrogonidienbildung begriffen, wie sich dies bei längerer Beobachtung unter der feuchten Kammer durch allmähliche Entleerung der Scheiden herausstellt.

16. Auf diese Weise lassen die Crenothrix-Fäden im Laufe der Zeit ihre sämmtlichen oder doch einen grossen Theil ihrer Zellinhalte ins Wasser austreten, welche sich als Gonidienhaufen an der Spitze der Scheide lagern, dann unter langsamen Gleitbewegungen im Wasser zerstreuen oder in zahlloser Zusammenhäufung Palmellenähnliche Massen bilden und in der That, wie die Zellen der Palmellen, durch eine schleimige Zwischensubstanz lange Zeit verbunden bleiben (Fig. 18).

Die weitere Entwickelung der Gonidien ist nicht ohne Schwierigkeit festzustellen. Ich habe unter der feuchten Kammer oft die in den Scheiden eingeschlossenen oder ins Wasser ausgetretenen Gonidienhaufen drei und mehrere Tage auf dem Objectglase verfolgt, ohne dass eine Veränderung sich zeigte. Es unterliegt jedoch keinem Zweifel, dass unter günstigen Verhältnissen die ausgetretenen Gonidien, und zwar ebenso gut die grösseren Macrogonidien als die kleinen Microgonidien zu neuen Crenothrix-Fäden auskeimen. Sehr häufig finden sich an den alten Scheiden, insbesondere an der Oberfläche der Fruchtkeulen anhaftend, dünne Crenothrix-Fäden, welche offenbar aus gekeimten Gonidien hervorgegangen sind (Fig. 1). Oft bilden diese dünnen Fäden wahre Bündel, die strahlig an einem oder mehren Punk-

ten eines alten Fadens festsitzen und durch ihre Feinheit und Zartheit als junge Entwicklungszustände, durch ihr allmähliches Anschwellen nach dem entgegengesetzten Ende und durch die Vorbereitung zur Gonidienbildung als wirkliche Crenothrix sich erweisen (Fig. 20). Mehrere Male beobachtete ich auch auf einem Objectglase, auf welchem ich einen Rasen gonidienführender Crenothrix-Fäden, nebst zahllosen Haufen entleerter Microgonidien durch mehrere Tage in der feuchten Kammer cultivirte, nach circa 42 Stunden im Wassertropfen eine ausserordentlich grosse Menge kurzer farbloser Nostocähnlicher Zellschnüre oder Stäbchen, welche alle Zwischenstufen ihrer Entwicklung aus den einfachen und doppelten Microgonidien darboten (Fig. 4). Diese nur 1—2 m. dicken Stäbchen bestanden aus zwei, vier oder acht kurz cylindrischen Gliedern, jedes wieder in seiner Mitte mit einer mehr oder minder tiefen Einschnürung als Zeichen beginnender, oft schon weit fortgeschrittener Quertheilung versehen. Diese kurzen Stäbchen scheinen sich in normalen Verhältnissen an irgend einer Unterlage (meist einer älteren Scheide) festzuheften und durch successive Quertheilung in sämmtlichen Zellen, sowie durch allmähliche Anschwellung am freien Ende in die gonidienbildenden Fäden fort zu entwickeln. Die Microgonidien scheinen sich von den Macrogonidien nur dadurch zu unterscheiden, dass sie zunächst dünneren Fäden Ursprung geben.

17. Es bleibt uns noch übrig, die systematische Stellung von *Crenothrix* zu bestimmen. Ich habe dieselbe oben als Alge bezeichnet, weil sie mit unzweifelhaften Algengattungen nächst verwandt ist; wenn freilich der Mangel des Chlorphylls allein eine Pflanze als Pilz kennzeichnet, so müssten wir *Crenothrix* unter die Pilze einordnen; doch ist, wie ich selbst anderwärts gezeigt und auch in diesen Blättern Schroeter (über Synchytrium pag. 46) ausführlich erörtert hat, die Anwesenheit oder der Mangel des grünen Farbestoffs nur ein vegetatives Merkmal, dem bei der Feststellung der Verwandtschaft nur secundäre Bedeutung zukommt; denn exclusiv und consequent durchgeführt, würde es auch *Monotropa* oder *Lathraea* unter die Pilze verweisen. Nach der Beschaffenheit der kurz gegliederten, von einer hyalinen Scheide umhüllten Fäden schliesst sich offenbar *Crenothrix* an die Oscillarien, die freilich in der Regel blaugrünes Phyrochrom enthalten; aber wir finden unter den Oscillarieen auch farblose Gattungen, vor allem *Beggiatoa* und *Spirochaete;* ich reihe hieran noch *Hygrocrocis,* insoweit dieser Namen wirklich eine besondere Gattung und nicht wie zweifellos bei den meisten sogenannten *Hygrocrocis*-Arten blos die Wasser-Mycelien von *Penicillium* und anderen Faden-Pilzen umfasst. Nach ihrer besonders reichlichen Vermehrung im Wasser mit organi-

schen Stoffen zu schliessen, sind die Nährstoffe der farblosen Oscillarieen, wie bei allen chlorophyllfreien Pflanzen, nicht blos anorganische sondern auch organische Verbindungen; in der Hedwigia 1865 habe ich gezeigt, dass insbesondere die Beggiatoen sich im Meerwasser vorzugsweise in der Nähe verwesender Thiere und Pflanzenkörper entwickeln; auch scheinen dieselben, nach ihrem Vorkommen in Schwefelquellen zu schliessen, Sulphate zu ihrer Ernährung zu bedürfen und Schwefelwasserstoff zu entbinden. In ihrer Ernährungsweise schliessen sich daher die farblosen Gattungen *Beggiatoa, Spirochaete, Hygrocrocis, Crenothrix etc.* an die Wasserpilze, während ihre Organisationsverhältnisse vollständig mit den phycochromhaltigen Oscillarieen übereinstimmen. Unter diesen zeichnet sich *Crenothrix* durch die nicht gleichmässigen, sondern nach der Spitze sich verdickenden Fäden, durch die Theilung der Zellen in der Richtung der Längsachse des Fadens bei der Fortpflanzung und vor allem durch die von zahllosen freien Gonidien dicht gefüllten oft keulenförmigen Sporangien aus.

Die Oscillarien nehmen im Allgemeinen eine durchaus isolirte Stellung im Pflanzenreich insofern ein, als sie unserer bisherigen Kenntniss nach aller Fortpflanzungszellen und zwar ebensowohl der geschlechtlichen wie der ungeschlechtlichen entbehren, und ihre Vermehrung ganz allein, wie bei den Schizomyceten, auf der Theilung der Zellen und dem gelegentlichen Zerbrechen der Fäden beruht. Ich habe jedoch schon bei der von mir im Meerwasser aufgefundenen *Beggiatoa mirabilis* hervorgehoben, dass zwischen den Fäden dieser farblosen Oscillariee überaus zahlreiche farblose, kugelige oder eirunde Zellen vorkommen, die oft der Quere nach eingeschnürt oder mehr oder minder vollkommen zweigetheilt, eine kräftige, langsam rollende oder sich wälzende, gleichsam taumelnde Bewegung besitzen und nach der ganzen Beschaffenheit ihres Inhalts sich als zum Entwicklungskreis von *Beggiatoa* gehörig anzeigen, obwohl es mir nicht gelang, die Entstehung derselben aus den Beggiatoa-Fäden direct zu beobachten. (Beiträge zur Physiologie der Phycochromaceen und Florideen in Max Schultze's Archiv für mikroskopische Anatomie, Band III. 1867. Tab. II. Fig. 6.) Die Uebereinstimmung dieser Zellen in Form und Bewegung mit den Gonidien unserer *Crenothrix* macht es mir jetzt wahrscheinlich, dass dieselben als Gonidien von *Beggiatoa* zu deuten sind.

Es giebt noch eine zweite Gattung der Oscillarieen, welche noch mehr mit *Crenothrix* übereinstimmt, nämlich der von Braun und Grunow aufgestellte *Chamaesiphon*, welcher mir allerdings nur aus der Beschreibung und Abbildung (Fig. 28) in Rabenhorst *Flora europaea Algarum aquae dulcis etc.* Band II. p. 148 bekannt ist. Die

äusserst kurzen 0,008—0,04 mm. langen, einzeln oder in dichten Bündeln auf anderen Algen schmarotzenden, blaugrünen oder violetten, kurzgliedrigen Fäden der Chamaesiphon-Arten, verdicken sich keulen- oder birnförmig nach der Spitze und stecken in einer gestielten hyalinen Scheide; die durch succedane Quertheilung nach Art der Oscillarien sich vermehrenden Zellen isoliren sich schliesslich an der Spitze des Fadens, runden sich ab und treten aus der sich öffnenden Scheide als ruhende Sporen heraus, welche ohne Befruchtung keimen.

Hiernach stimmen *Crenothrix* und *Chamaesiphon* überein in dem Bau der Scheiden und der Fortpflanzungsweise durch Gonidien; unser Brunnenfaden unterscheidet sich nur durch die langen oscillarienähnlichen, farblosen, zu Räschen verflochtenen Fäden und die Bildung von zahllosen Macro- und Microgonidien in oft keulenartigen Fadenenden. Auf alle Fälle gehört *Crenothrix* in die unmittelbare Nähe von *Chamaesiphon,* zwischen diesen und *Lyngbya.* Auch bei letzterer Gattung findet, wenn ich nicht irre, nach den mehr oder weniger vollständig entleerten Scheiden bei *L. semiplena, Nemaleonis etc.* zu schliessen, eine Gonidienbildung statt; vermuthlich wird auch noch bei anderen Oscillarieen die Fortpflanzung durch Gonidien gefunden werden, welche sich von den Zoosporen der Chlorophyll-grünen Algen *(Chlorosporeae)* durch den Mangel der Geisseln unterscheiden, gleichwohl aber nach Art der Diatomeen und Oscillarien eigenthümlicher Gleitbewegungen fähig sind. Die bei *Nostoc* von Thuret 1844 entdeckte Fortpflanzung *(Ann. sc. nat. 3e Sér. Tom. 2. p. 319; Observ. sur la reproduction de quelques Nostochineés. Mém. Soc. imp. sc. nat. Cherbourg V. Aug. 57)* beruht bekanntlich darauf, dass die in einer gemeinschaftlichen Gallert eingebetteten Fäden vermittelst contractiler Bewegungen aus dieser auswandern; die Gallert selbst ist nichts weiter als die zu formloser Substanz aufgequollenen Scheiden der Fäden und man erkennt durch Erhärtung einer Nostoc-Kugel in Alcohol leicht deren Zusammensetzung aus dicht an einander gepressten Gallert-Cylindern, welche die einzelnen Rosenkranz-Fäden umhüllen; ebenso ist die Gallert von *Rivularia* aus den vorzugsweise am oberen Fadenende aufgequollenen Scheiden hervorgegangen. In den aus ihren Gallert-Scheiden ins Wasser herausgetretenen Nostoc-Fäden dehnen sich die einzelnen Glieder zuerst der Quere nach scheibenförmig, theilen sich dann vermittelst einer oder zweier durch die Längsachse gelegter, rechtwinklich sich kreuzender Scheidewände, jedes in 2 — 4 Stücke, welche sich bald zu kuglichen Gonidien abrunden; schliesslich ordnen sich alle Gonidien in eine Reihe und vereinigen sich zu einem einzigen gewundenen Nostoc-Faden. Der einzige Unterschied dieser Entwicklung von der unserer

Crenothrix beruht, abgesehen von dem Mangel der Grenzzellen, hauptsächlich auf der völligen Isolirung der Gonidien bei letzterer Art, bei welcher die Fäden erst nachträglich aus der successiven Quertheilung der Gonidien hervorgehen.

18. In meinen „Beiträgen zur Physiologie der Phycochromaceen und Florideen" habe ich die Ansicht ausgesprochen, dass die ersteren, gewöhnlich als Chroococcaceen, Oscillarineen oder Nostocaceen bezeichnet, sich als niedrigste Stufe zunächst an die Florideen anschliessen, mit denen sie als auszeichnendes Merkmal Fortpflanzungszellen ohne bewegliche Geisseln — im Gegensatz zu den Zoosporen der Chlorosporeae und Phaeosporeae — gemein haben. Unsere Gattung *Crenothrix* bietet ein neues Verbindungsglied zwischen den beiden Klassen, indem sie zunächst an die Florideen-Gattung *Bangia* sich anreiht. In meinem oben citirten Aufsatze (Archiv f. mikrosk. Anat. Band III. Tab. II. Fig. 5) habe ich gezeigt, dass die aus einreihigen Zellen gebildeten Fäden einer marinen *Bangia* (*B. subaequalis* Kg.) durch Aufschwellen der Scheide zu einem keulenförmigen Sporangium sich umbilden, während die Zellinhalte, ungetheilt oder durch succedane Längsscheidewände verdoppelt und vervierfacht, zu kugligen oder eiförmigen Gonidien sich abrunden und aus der Scheide heraustretend, im Wasser sofort zu einem neuen Faden auskeimen, der oft mit dem einen Ende sich an den Mutter-Faden anheftet. Die Analogie dieser Entwicklungsgeschichte mit der von *Crenothrix* leuchtet ohne Weiteres ein. Wenn Solier und Derbès in ihrem preisgekrönten *Memoire sur la Physiologie des Algues (Supplem. aux Compt. rend. de l'Acad. de scienc. I.* p. 64, Tab. 16. Fig. 13—19 und Tab. 23. Fig. 1—3) von *Bangia lutea* und *fusco purpurea* berichten, dass diese Algen sich noch auf eine zweite Weise fortpflanzen und zwar durch eine Theilung der Zellen in sehr zahlreiche kleine Kügelchen, so sind diese letzteren zwar von den Autoren selbst als lebhaft beweglich und mit einer Geissel versehen beschrieben und für Antherozoiden einer männlichen Pflanze angesehen worden; mir selbst scheinen diese Körperchen, welche auch Thuret als bewegungslose Spermatien betrachtet — da die angebliche hüpfende Bewegung wohl auf eine Verwechslung mit Monaden oder Chytridien-Zoosporen zurückzuführen ist — mit den Microgonidien von *Crenothrix* die grösste Analogie zu zeigen. Die Gattungen *Oscillaria, Lyngbya, Crenothrix, Bangia* bilden, wie ich glaube, eine natürliche Reihe, welche die Oscillarieen mit den Florideen verknüpft.

19. Noch muss ich schliesslich eine auffallende Aehnlichkeit, wenn auch vielleicht nicht Verwandtschaft, der Gonidien von *Crenothrix* mit gewissen Schizomyceten und farblosen Palmellen hervorheben, durch

welche die sichere Feststellung ihrer Entwicklungsgeschichte in eigenthümlicher Weise erschwert wird. Bekanntlich werden unter dem Namen Bacterien eine Menge von farblosen, meist ausserordentlich kleinen, kugligen ovalen oder kurz cylindrischen Zellen zusammengefasst, welche vermuthlich zu verschiedenen Gattungen und Arten gehören, aber mit unseren optischen Hülfsmitteln nicht sicher unterschieden werden können, sich in gährungsfähigen Flüssigkeiten oder auch in der Luft an der Oberfläche faulender Körper entwickeln und offenbar sich auf Kosten dieser Substanzen, deren Zersetzung sie veranlassen, ernähren und oft in unendlicher Zahl vermehren.

Wir finden diese Bacterienformen in gewissen Entwicklungszuständen zu Palmellenartigen farblosen Gallertmassen *(Zoogloea)* verbunden, aus denen sie durch Lösung der Zwischenzellsubstanz als freie Zellen wieder austreten können. Solche Zoogloeagallert ist nicht nur bei der gemeinsten und kleinsten Bacterienform beobachtet, welche als *Bacterium Termo Duj.* bezeichnet wird; ich habe auch in dem nämlichen Brunnenwasser, in welchem ich die Crenothrix auffand, farblose Gallertmassen beobachtet, wo stabförmige, 5,25 Mikrom. lange und etwa den vierten Theil so breite, einfache oder zu Doppelstäbchen verbundene Zellen mit dunkelkörnigem Inhalt in wasserheller Gallert ziemlich locker eingelagert waren; während der Beobachtung fingen zu meiner Ueberraschung einzelne dieser stabförmigen Zellen innerhalb der Gallert an sich zu drehen, in ununterbrochener, gewissermassen bohrender Rotation; plötzlich schwammen sie aus der umhüllenden Gallert eine kurze Strecke heraus, kehrten dann um und schwammen wieder zurück; nunmehr zeigten sie die bekannte Form und Bewegung der von Ehrenberg als *Vibrio Lineola* bezeichneten Körperchen; hierdurch wurde festgestellt, dass auch *Vibrio Lineola* einen Zoogloeazustand besitzt. Die als Bacterien hier zusammengefassten Zellen sind in freiem Zustande zwar meist in eigenthümlicher Weise und oft ausserordentlich lebhaft bewegt; es fehlt aber auch nicht an unbeweglichen oder doch sehr langsam bewegten Zuständen (Bacteridien); characteristisch ist aber für alle diese Formen, dass sie stets in Quertheilung angetroffen, und daher in der Mitte eingeschnürt auch wohl zu 2, 4—8 aneinander hängend angetroffen werden. Die isolirten Microgonidien unserer *Crenothrix* ähneln nun gewissen grösseren unbeweglichen Bacterienzellen, welche sich gleichzeitig in dem Brunnenwasser fanden, um so mehr, als dieselben, wie ich oben bemerkte, auch meist in der Quertheilung begriffen und daher eingeschnürt sind. Die Microgonidienhaufen endlich, welche oft zu Millionen in der Umgegend eines Crenothrixräschen zusammengelagert und anscheinend auch durch Zwischensubstanz

verbunden sind (Fig. 18 unserer Tafel), zeigen eine so überraschende Aehnlichkeit mit den Zoogloeaformen der Bacterien, oder wenn man will mit farblosen kleinzelligen Palmellen, dass eine Verwechselung leicht ist, ohne dass ich deshalb einen entwicklungsgeschichtlichen Zusammenhang dieser Formen behaupten will.

Es könnte schliesslich noch die Frage aufgeworfen werden, ob der Crenothrix, die wir, wenn auch nur spärlich, in verschiedenen zum Theil sehr verderbten Brunnen aufgefunden haben, ein Einfluss auf den Gesundheitszustand zugeschrieben werden darf. Ich kann darauf nur erwiedern, dass mir keine Thatsache bekannt ist, welche zu einer Antwort auf diese Frage berechtigte.

20. Die Diagnose der neuen Gattung und Art, mit welcher dieser Aufsatz sich beschäftigt, habe ich folgender Massen gefasst:

Crenothrix n. g.

Trichomata plus minus stricta arcuata vel contorta in caespitulos libere natantes intricata libera vel alia aliis affixa, in modum Oscillariarum cylindrica elongate filiformia basi tenuissima sursum paullatim incrassata subulata vel subclavata divisione transversa succedanea articulata vaginata hyalina, cellularum plasmate homogeneo intus saepe cavo non granuloso, vagina tenerrima hyalina demum indurata nec non ferro intussuscepto flava.

Sporangia terminalia apice trichomatum vagina intumescente elongato-claviformia, gonidiis subglobosis numerosissimis densissime repleta; gonidia duplicis generis, saepissime in filis diversis formata:

1) Microgonidia, e serie cellularum divisione longitudinali et transversa succedanea multi-partitarum orta, rotundata et diaphragmatibus ruptis in sporangium terminale densissime congesta, demum ex apice vaginae erumpentia, in aqua motu lento circumvoluta secedentia vel in cumulos gelatinosos Zoogloeis consimiles coacervata, ciliis destituta globosa ovalia elliptica tranverse plus minus constricta vel divisa, demum in trichomata evoluta.

2) Macrogonidia, singula e cellulae contento toto indiviso, vel bi-vel quadripartito orta rotundata, ex apice vaginae vix inflatae erumpentia secedentia, motu forma microgonidiis similia sed majora et minus numerosa, demum germinantia.

Sporae?, ex articulo trichomatis terminali elongata aucto formata plasmate denso repleta, quod e vagina erumpere et in trichoma Oscillariaeforme evolvi videtur.

Genus inter Lyngbyam et Chamaesiphonem intermedium nec non ad Bangias accedens Oscillarieas cum Florideis connectit.

C. polyspora n. s. caespitulis minutissimis flavo-brunneis in aqua libere natantibus, trichomatibus hyalinis longissimis, 0,0015—0,005 mm. crassis, articulis aequi-longis vel duplo longioribus vel dimidio brevioribus, sporangiis subclavatis 0,006—0,009 mm. crassis, microgonidiis 0,001—0,002 mm., macrogonidiis ad 0,005 mm. latis, sporis terminalibus ad 0,026 mm. longis.

Observ. in aqua puteali Wratislaviae et ad fontes Cudovanos. 1870.

Erklärung der Abbildungen.

Tab. VI.

Fig. 1—20. Crenothrix polyspora.

Vergrösserung von Fig. 1. 2. 13. 15. 800, der übrigen Figuren 500.

Fig. 1. Ein Faden mit Macrogonidienbildung durch Theilung der Zellen in 2—4; in mehreren anhaftenden dünneren Fäden beginnt zum Theil auch Macrogonidienbildung aus dem Vollinhalt der Zellen.

Fig. 2. Ausgetretene Macrogonidien, zum Theil in der Mitte eingeschnürt oder quergetheilt.

Fig. 3. Ausgetretene Microgonidien; einzelne quergetheilt.

Fig. 4. Kurze Fäden aus rundlichen quergetheilten farblosen Zellen, anscheinend aus gekeimten Gonidien hervorgegangen.

Fig. 5. Ein dünner Crenothrixfaden, dessen Zellen einzeln als Macrogonidien austreten.

Fig. 6. Ein ebensolcher, mit Zweitheilung im obern Ende, während tiefer die ungetheilten Zellen als Macrogonidien austreten.

Fig. 7. Ein dünnes Fadenstück, steril, mit ungleicher Länge der Zellen.

Fig. 8. Ein ebensolches, aber in Gonidienbildung begriffen ohne Anschwellung der Scheide.

Fig. 9. Ein Faden, dessen Scheide nach oben keulenförmig verdickt zu einem Sporangium wird, das mit Microgonidien erfüllt, an der Spitze bereits entleert ist. Im untern Theile des Fadens bilden sich einzelne Zellreihen durch Theilung zu Gonidien um, während andere ungetheilt bleiben.

Fig. 10. Ein anderer Crenothrixfaden mit stark aufgeschwollener Scheide, die sich bis in grosse Tiefe mit Microgonidien gefüllt hat.

Fig. 11. Ein Sporangium in der Mitte bandförmig verbreitert.

Fig. 12. Eine keulenförmige Scheide, mit dickerer Membran, am Grunde gelb gefärbt.

Fig. 13. Ein stärkerer Crenothrixfaden mit einer grösseren eiförmigen seitlich ansitzenden Zelle (Spore?).

Fig. 14. Ein eben solcher aber schwächerer Faden.

Fig. 15. Ein Faden mit sehr verlängerter Endzelle (Spore?).

Fig. 16. Eine leere gelbe Scheide, aus welcher der Faden ausgetreten.

Fig. 17. Ein sehr dünner Faden, nur am Grunde von einer gallertartig aufgequollenen Scheide umgeben.

Fig. 18. Microgonidienhaufen, anscheinend durch schleimige Intercellularsubstanz nach Art von Zoogloea zusammengehalten.

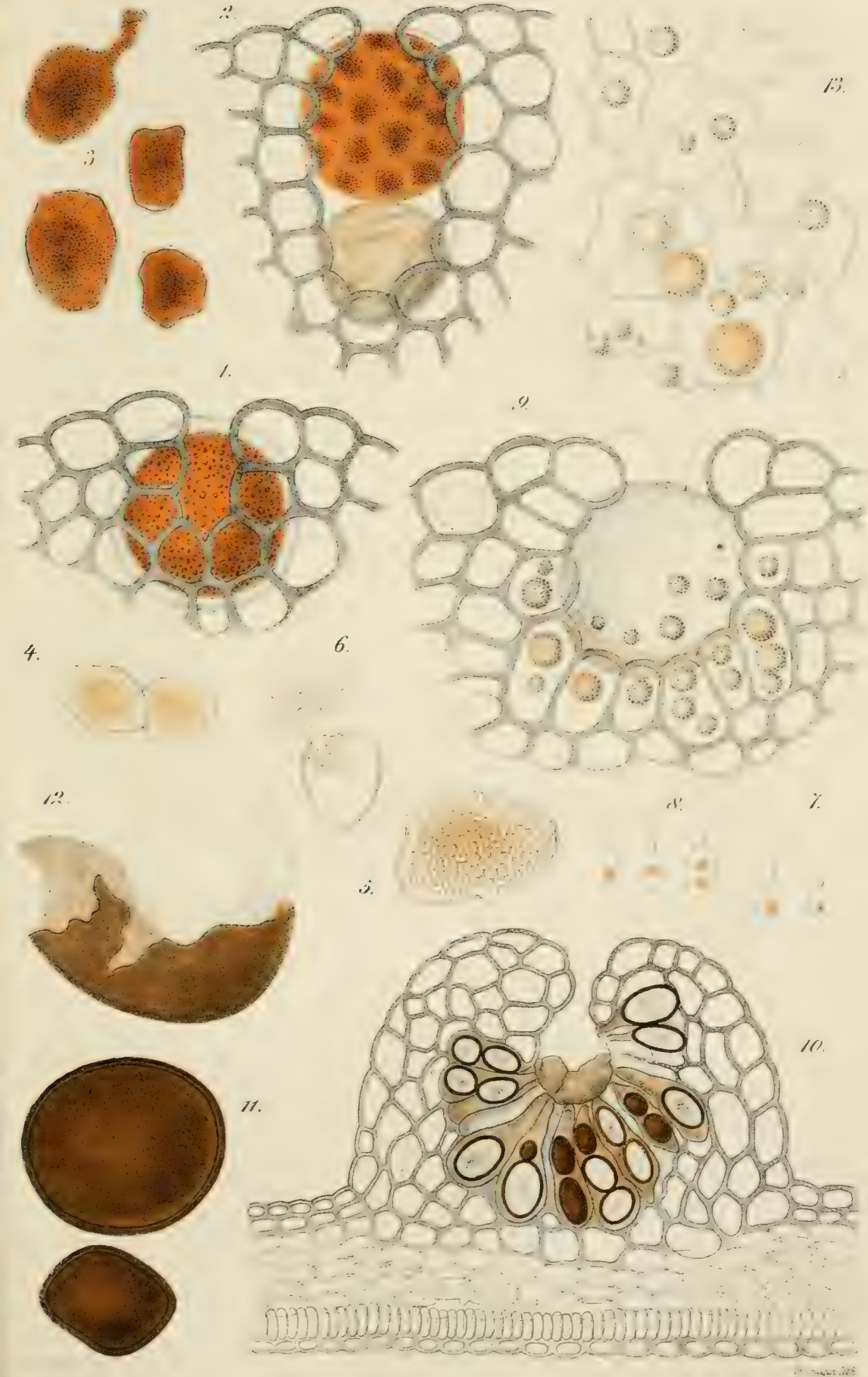
Fig. 19. Ein oscillarienartig bewegter farbloser kurzer Faden, vielleicht aus einer Spore (Fig. 13—15) hervorgegangen.

Fig. 20. Ein kleiner Rasen von Crenothrix, dessen Scheiden zum Theil gelb gefärbt und von einer goldgelben klaren ölartigen Substanz stellenweise eingehüllt; an einzelnen Stellen sprossen strahlige Bündel von dünnen Crenothrixfäden, welche aus gekeimten Microgonidien hervorgegangen sind.

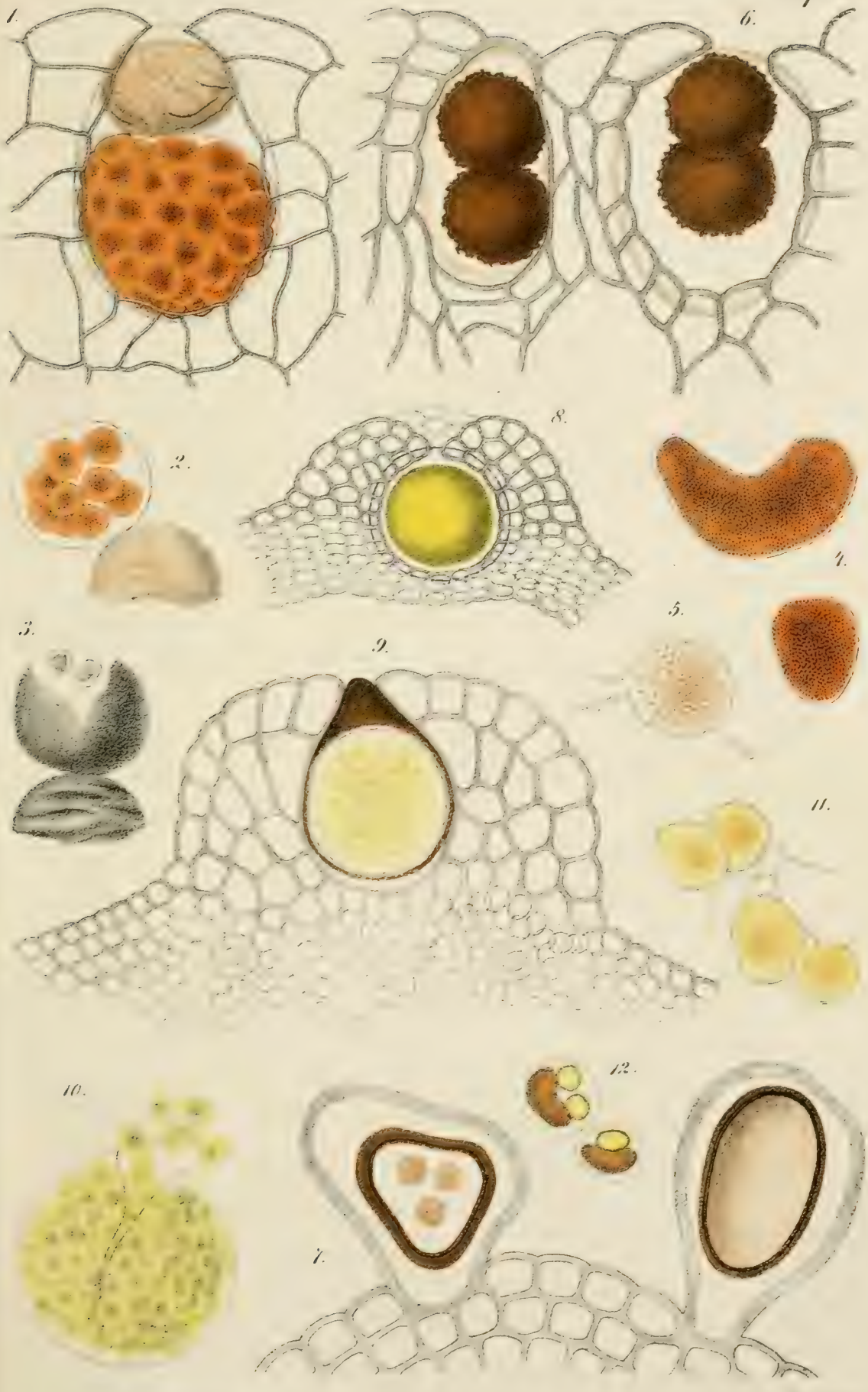
Druck von Robert Nischkowsky in Breslau.

1–4, Synchytrium globosum. 5–7, Synch. anomalum.
8, Synch. laetum. 9, Synch. punctatum.

Assmann lith.



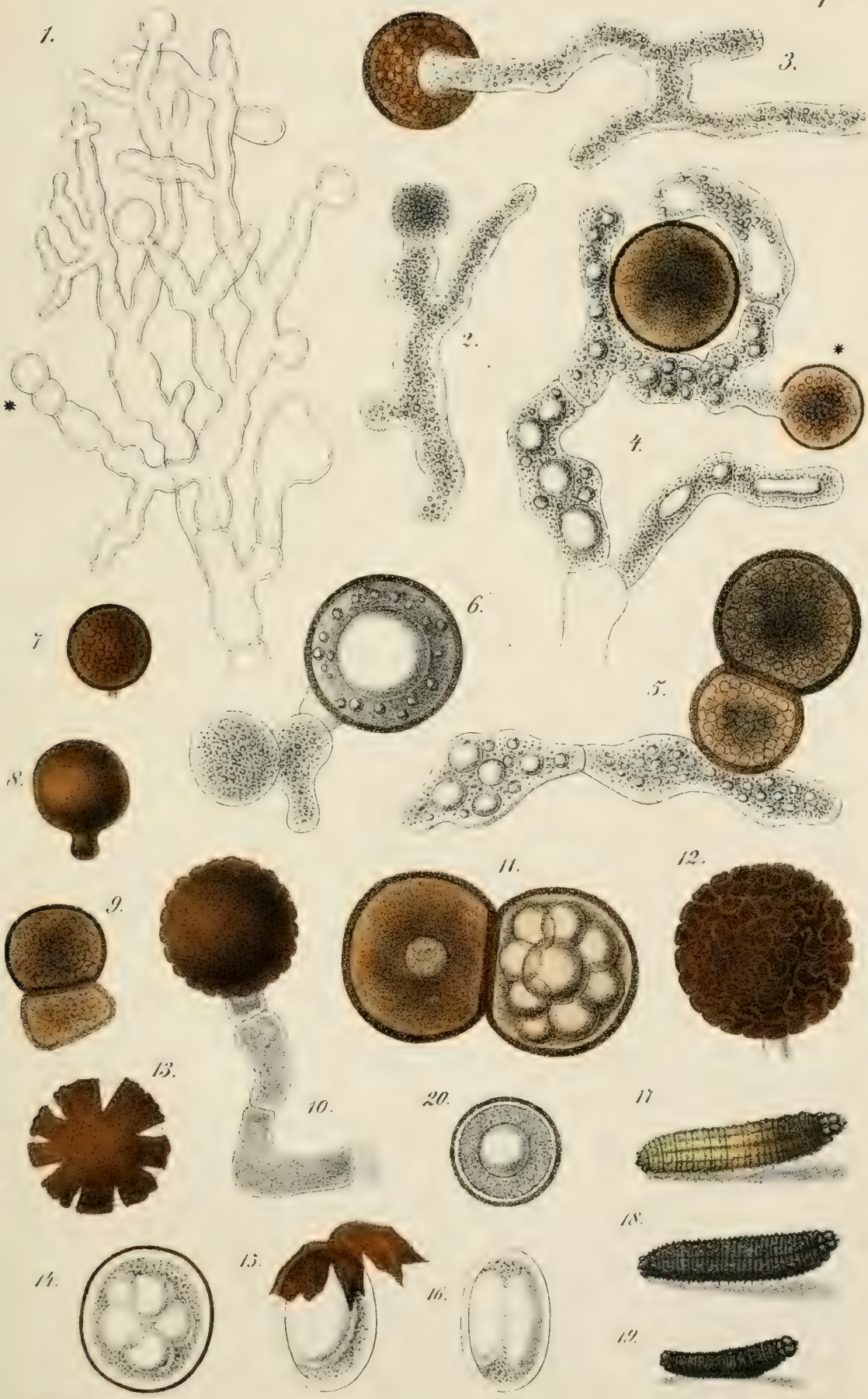
Synchytrium Succisae.



1–6. *Synchytrium Stellariae*. 7. *Synch. Myosotidis*. 8–12. *Synch. aureum*.

Taricheum megaspermum C.

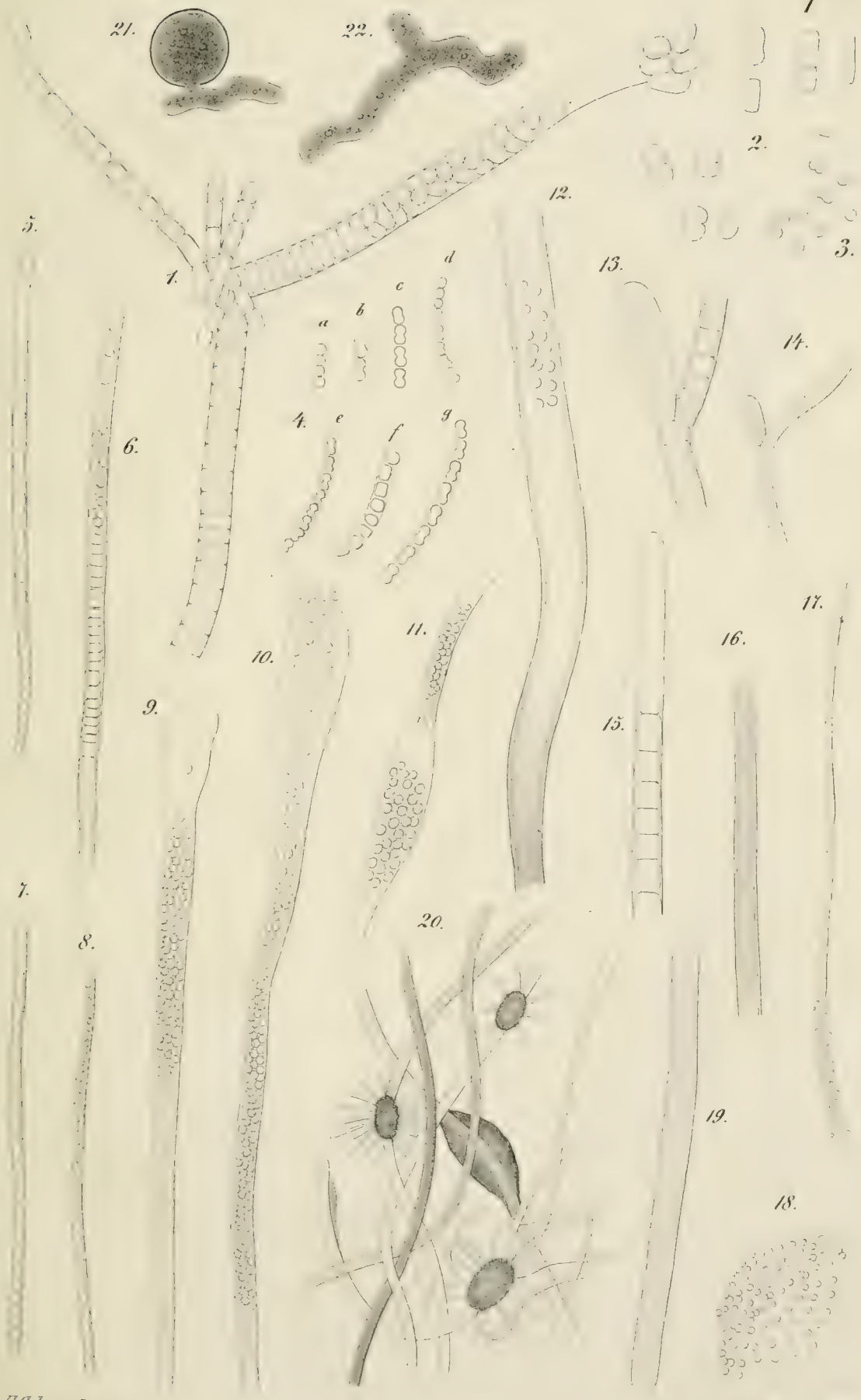
Druck v. S. Lilienfeld, Breslau



F. Cohn ad nat. del.

A. Assmann lith.

Tarichium megaspermum C.



F. Cohn ad nat. del.

Crenothrix polyspora C.

Druck v S. Lilienfeld, Breslau.

Beiträge

zur

Biologie der Pflanzen.

Herausgegeben

von

Dr. Ferdinand Cohn.

Zweites Heft.

Mit drei zum Theil farbigen Tafeln.

Breslau 1872.
J. U. Kern's Verlag
(Max Müller).

Inhalt des zweiten Heftes.

Seite.

Untersuchungen über die Abwärtskrümmung der Wurzel. Von Dr. Theophil Ciesielski. (Mit Tafel I.) 1

Ueber die Lage und die Richtung schwimmender und submerser Pflanzentheile. Von Dr. A. B. Frank 31

Ueber parasitische Algen. Von Dr. Ferdinand Cohn. (Mit Tafel II.) 87

Ueber einige durch Bacterien gebildete Pigmente. Von Dr. J. Schroeter 109

Untersuchungen über Bacterien. Von Dr. Ferdinand Cohn. (Mit Tafel III.) 127

Untersuchungen
über die
Abwärtskrümmung der Wurzel.

Von
Dr. Theophil Ciesielski.

Mit Tafel I.

Ueber die Ursachen, welche die Abwärtskrümmung der Wurzeln veranlassen, ist in den letzten Jahren, insbesondere durch Hofmeister und Frank, eine Reihe von Arbeiten veröffentlicht worden, welche zu einer heftigen Controverse geführt haben [1]), ohne zu einem Abschluss gelangt zu sein.

Um zu einer Entscheidung der hierbei zur Sprache gekommenen Fragen durch selbständige Untersuchungen beitragen zu können, habe ich auf Veranlassung des Herrn Prof. Dr. Cohn in dem unter seiner Leitung stehenden Pflanzenphysiologischen Institut der Universität Breslau eine Reihe von Versuchen angestellt, die mich theils zur Bestätigung, theils zur Modification früherer Ansichten geführt haben, und die ich in den folgenden Capiteln auseinander legen werde.

§ I. Wachsthum der Wurzel.

Sämmtliche in dieser Arbeit angeführte Versuche wurden ausgeführt in einem heizbaren, halbdunklen, nach Angabe Prof. Cohn's construirten Blechkasten. Dieser oben offene und durch eine gut anliegende Glasplatte verschliessbare Keimkasten ist mit doppelten Wandungen versehen, deren Zwischenraum mit Wasser gefüllt wird, das durch eine unter dem auf vier Füssen ruhenden Kasten befindliche regulirbare kleine Gasflamme erwärmt, den Innenraum desselben in einer von der äusseren Luftwärme selbst im Winter unabhängigen Temperatur von 20—24 ° C. gleichmässig erhält. Die bei früheren Keimversuchen dieser Art herausgestellte Schwierigkeit, Wurzeln längere Zeit in normaler Entwickelung und der Beobachtung stets zugänglich zu erhalten, ohne sie in Erde oder eine Nährflüssigkeit eintauchen zu lassen, haben wir auf folgende Weise überwunden. Goeppert hat nachgewiesen (Isis 1833), dass die Menge des beim Keimen von den Samen aufgesogenen

[1]) Bot. Zeitung 1869. Sp. 369 ff. Bot. Zeitung 1870. Sp. 793 ff.

Wassers constant ist und gewisse Grenzen nicht überschreitet, dieses wird jedoch beim Wachsthum consumirt und muss von neuem ersetzt werden. Für diesen Zweck ist es durchaus nicht nöthig, dass die Wurzel selbst in Wasser eintaucht, es genügt vielmehr, wie unsere Experimente ergeben haben, dass den Cotyledonen oder dem Eiweisskörper während der ersten Wachsthumsperiode das erforderliche Wasser direct zugeführt werde um die hier aufgespeicherten Reservestoffe zu lösen und zu einer normalen Ernährung des Keimlinges zu verwenden. Wir haben deshalb die betreffenden Samen, nachdem sie auf einem nassen Filze zu keimen begonnen, mit nasser Baumwolle, die später nach dem Bedürfniss von Zeit zu Zeit wieder benetzt wurde, umwickelt und mittelst langer Insektennadeln an dem, auf dem Boden des Keimkastens liegenden, mit Wasser reichlich durchtränkten Filze in einem Abstande von 2—3 Cm. von demselben befestigt. (Tab. I. fig. II^a.) Bei diesem Verfahren entwickelten sich Wurzeln wie Stengel in der mit Wasserdunst gesättigten Atmosphäre des Keimkastens völlig normal, so lange die Reservestoffe im Samen ausreichten. Der für das Wachsthum der Wurzel günstige Ausschluss des Lichtes wurde einfach durch Bedecken der, den Apparat schliessenden Glasplatte mittelst eines Pappbogens erreicht. —

Es könnte vielleicht auffällig erscheinen, dass, indem wir die Erscheinungen und Eigenschaften wachsender Wurzeln im Allgemeinen prüfen und erörtern wollen, wir uns nur auf die ersten Entwickelungsstadien derselben aus dem embryonalen Zustande beschränken; doch abgesehen davon, dass wir gerade in diesem Momente den ganzen Wachsthumsvorgang am sichersten überwachen, und ohne grosse Mühe zu jeder Zeit zahlreiche Observationsexemplare verschaffen können, erschliesst uns die Beobachtung von Keimpflanzen die allgemeinen Wachsthumsgesetze der Wurzel insofern vollkommen, als auch bei alten Wurzeln nur ihre fortwachsende Spitze in Betracht kommt.

Schon Duhamel hatte durch mannigfache Versuche [1]), indem er bald die Wurzelspitze abschnitt, bald dieselbe mit Marken versah, constatirt, dass das Wachsthum der Wurzel nur auf einen kleinen Theil der Spitze beschränkt ist, und dass unterhalb dieses Stückes die Wurzel wohl am Umfange, nicht aber an Länge zunimmt.

In Uebereinstimmung mit Duhamel beobachtete E. Meyer [2]), dass die Neubildung der Wurzelzasern allein an der Spitze stattfindet, ihr Streckungsvermögen aber sich nur auf die Zone von einigen Linien von der Spitze rückwärts beschränkt und nur von kurzer Dauer ist.

---

[1]) Phys. des arbres I. p. 83.

[2]) Linnaea Bd. VII. p. 455.

Von der Richtigkeit dieser Beobachtung kann man sich leicht überzeugen, wenn man nach Ohlert's[1]) Vorgange das Endstück der Wurzel genau und nach erfolgter Streckung wiederholt graduirt. Alsdann sieht man, dass die äusserste Spitze der Wurzel, von 0,5—1 Mm. Länge, unverändert bleibt, während die weiter rückwärts bis 5 Mm. liegende Zone — bei *Pisum, Vicia, Lens* — in Längsstreckung begriffen ist. Freilich ist die Grösse dieser Zonen nicht constant, vielmehr ist sie, nicht nur an Exemplaren verschiedenartiger Pflanzen, sondern auch bei Individuen derselben Species, ja sogar an einem und demselben Exemplar im Laufe seiner Entwickelung variabel.

Dies veranschaulichen folgende Versuche, die an abwärts gerichteten 10—12 Mm. langen Wurzeln von *Pisum, Vicia, Lens* angestellt wurden; aus einer zahlreichen Reihe, deren Resultate im wesentlichen einander gleich sind, heben wir hier nur einzelne hervor. Drei Wurzeln von *Pisum* 12 Mm., *Vicia* 10 Mm. und *Lens* 10 Mm. lang wurden von der Spitze aufwärts mit 14 Marken versehen, deren Abstände 0,5 Mm. betrugen, und in verticaler Richtung aufgestellt; nach 20 Stunden ergaben sich folgende Werthe:

(Von der Spitze aufwärts fortschreitend)

Pisum sativum	0,5	0,5	0,6	0,9	1,4	2,0	2,8	3,1	2,9	2,1	1,5	0,9	0,5	0,5
Vicia sativa	0,5	0,5	0,8	1,2	1,9	2,3	2,8	2,6	1,8	1,2	0,8	0,5	„	„
Lens esculenta	0,5	0,5	0,7	1,3	2,0	2,3	1,7	1,1	0,7	0,5	0,5	„	„	„

Die in Fig. I. aus diesen Werthen construirten Curven versinnlichen uns die Wachsthumsintensität dies Wurzeln, wobei die Zeit constant (20 h) genommen ist; die Länge der Abscissen — in der Richtung von A nach X — entspricht der Grösse des markirten Wurzelstücks von der Spitze aufwärts und die Coordinaten der Grösse des Zuwachses des entsprechenden Wurzelstückes nach 20stündigem Wachsthum. Aus letzterer Beobachtungsreihe, in Uebereinstimmung mit vielen ähnlichen glaube ich schliessen zu dürfen, dass die Wurzel in einiger Entfernung von der Spitze das Maximum ihrer Ausdehnung besitzt, und dass in der Richtung von dieser Zone nach der Spitze zu wie nach den älteren Theilen ihre Wachsthumsintensität ziemlich stetig abnimmt.

§ II. Vorgang der Abwärtskrümmung.

Wird die Wurzel eines keimenden Samens, welche sich bekanntlich stets nach ihrem Austritt aus der Samenschale senkrecht abwärts richtet und diese Richtung bei ihrem weiteren Wachsthum beharrlich be-

[1]) Linnaea Bd. XI. p. 615.

hauptet, durch irgend eine äussere Kraft aus derselben abgelenkt, so beschreibt ihre Spitze beim Fortwachsen eine Krümmung, bis sie auf dem kürzesten Wege wiederum in ihre ursprüngliche normale Lage zurückkehrt.

Wie wir schon oben gezeigt haben, wächst die Wurzel nur in einer verhältnissmässig kleinen Zone oberhalb der Spitze, und diese Stelle ist es auch, in der die Krümmung erfolgt. Wird eine gerade, senkrecht abwärts gewachsene Wurzel nach der oben angeführten Weise graduirt, und alsdann in irgend einer anderen Richtung aufgestellt, so verlängert sie sich zunächst in derselben Richtung ein wenig weiter — an der Stelle, wo die letzte Ausdehnung der Zellen stattfindet, — krümmt sich aber nach kurzer Zeit in der Zone, wo das Längswachsthum sein Maximum erreicht, in einem gegen den Nadir concaven Bogen (Fig. II^a); dieser wird um so geschlossener sein je mehr, und um so offener je weniger die Wurzel von der Normale abgelenkt wurde, das Maximum (180°) erreicht er, wenn diese in der entgegengesetzten Richtung — senkrecht aufwärts — aufgestellt wird. In Uebereinstimmung hiermit stehen auch die Beobachtungen von Frank[1]) und C. N. J. Müller[2]); wenn dagegen Hofmeister[3]) als Beleg für die entgegengesetzte Ansicht, dass nämlich die Krümmung einer Wurzel nicht in die Zone ihrer grössten Ausdehnung fällt, eine Beobachtung aufführt, wo eine horizontal aufgestellte Erbsenwurzel sich im Laufe von 24 Stunden um 9 Mm. verlängert und trotzdem keine Krümmung abwärts gezeigt hatte, so werde ich weiter unten nachweisen, dass dieselbe in das Gebiet der abnormen Erscheinungen gehört.

Man kommt bei irgend einer reichlichen Anhäufung von Versuchen zu der Ueberzeugung, dass keineswegs bei allen Wurzeln der Krümmungsvorgang so regelrecht, wie angegeben abläuft, sondern, dass auch Ausnahmen, wenn auch selten, vorkommen, indem die Wurzel bald nach irgend einer anderen Richtung sich krümmt, bald weiter gerade fortwächst ohne überhaupt einer Krümmung fähig zu sein, bald auch ihr Wachsthum und in Folge dessen die Krümmung einstellt. Die beiden ersten abnormen Erscheinungen werden wir später eingehender erörtern, hier wollen wir nur hervorheben, dass die Krümmung einer Wurzel abhängig ist von ihrem Wachsthum, und wenn dieses unterbleibt, auch jene nicht zur Geltung kommt. Dies hat zunächst Frank[4]) gezeigt, und man

---

[1]) Beiträge zur Pflanzenphysiologie p. 35.
[2]) Bot. Zeitung 1869 Sp. 390 und 406.
[3]) Pringsh., Jahrb. III. p. 98.
[4]) A. a. O. p. 36, 37 und 38.

kann sich jederzeit davon überzeugen, wenn man nach seinem Vorgange eine gerade gewachsene Wurzel graduirt und sie horizontal in einem Raume aufstellt, dessen Temperatur zwischen 0 und + 5 ° C. liegt. Bei dieser Temperatur steht das Wachsthum still, die Wurzeln krümmen sich aber auch nicht, wenngleich sie dadurch keineswegs ihr Krümmungs- und Wachsthumsvermögen eingebüsst haben; denn wird der Raum wieder erwärmt, so wachsen sie weiter, und es lässt sich auch nach kurzer Zeit eine Krümmung wahrnehmen. Es kommen aber auch Fälle vor, dass selbst bei höherer Temperatur, aus irgend einer anderen Ursache, (wie z. B. bei Beschädigung, Mangel an Feuchtigkeit, oder beim Uebersetzen der Pflanzen aus einem in ein anderes Medium), das Wachsthum und somit auch die Krümmung einer Wurzel entweder ganz oder nur auf kurze Zeit unterbleibt.

§ III. Welche Kräfte bedingen die Abwärtskrümmung einer Wurzel.

Vor allem müssen wir unsere Untersuchungen darauf richten, ob nicht im inneren Aufbau der Wurzel selbst die Ursache für die wichtige Erscheinung gelegen ist, dass jede normal wachsende Wurzel eine ausgeprägte Tendenz zum senkrechten Abwärtswachsthum besitzt.

Die mikroskopische Untersuchung zeigt bekanntlich, dass die wachsthumsfähige Spitze einer jeden Wurzel aus Urmeristem besteht, und dass an der Stelle ihrer grössten Verlängerung die Zellen desselben sich beträchtlich vergrössern, namentlich durch Wachsthum in der Längsachse. Spaltet man eine gerad gewachsene Wurzel in dem von der Stelle, wo die Zellen bereits in Dauergewebe übergegangen sind, nach der Spitze zu gelegenen Theile, so behalten die beiden Hälften ihre ursprüngliche Lage genau bei; wird aber die Spaltung noch weiter aufwärts fortgesetzt, so bemerkt man alsbald, dass die beiden Stücke sich mehr oder weniger mit ihrer Aussenfläche concav biegen. Diese Erscheinung wird seit Hofmeister's massgebender Untersuchung über diesen Gegenstand [1]) so aufgefasst, dass in den ausgewachsenen Theilen gerader Wurzeln eine Gewebespannung ausgeprägt ist, während in der Wurzelspitze eine Spannungsdifferenz der einzelnen Gewebschichten, welche eine Krümmung zur Folge haben könnte, nicht vorhanden ist. Da aber die Abwärtskrümmung der aus der Lothlinie gebrachten Wurzeln nur an der Stelle ihres grössten Längswachsthums erfolgt, hier aber, wie wir oben gezeigt haben, eine Spannungsdifferenz der Gewebe nicht vor-

1) Pringsh. Jahrbücher etc. III. p. 100.

handen ist, so kann das die Abwärtskrümmung einleitende Moment keineswegs in der, aus der Anordnung dieser Gewebe an und für sich hervorgerufenen Spannung gesucht werden.

Was ferner die Erscheinung anbelangt, auf welche Dutrochet seine früher erwähnte Krümmungstheorie gegründet hat, dass eine gespaltene Wurzel — von Erbse, Wicke, Linse etc. — in Wasser gelegt, sich nach einiger Zeit an der Stelle, wo sonst das energische Längswachsthum eintreten würde, mit den Schnittflächen concav krümmt, so ist sie von durchaus keiner Bedeutung bei der Abwärtskrümmung einer unverletzten Wurzel, da ja auch bei Pflanzen, — wie Mais, Schwertlilie, Froschlöffel — deren gespaltene Wurzel in Wasser diesen Vorgang nicht zeigen, sondern unverändert gerade bleiben, die Abwärtskrümmung im unverletzten Zustande mit derjenigen der oben erwähnten Pflanzen vollkommen gleichwerthig ist.

Die Beobachtung, dass die Wurzel bei gewöhnlicher Entwickelung der Pflanzen im Freien, stets abwärts in die Erde hineinwächst, könnte leicht in uns die Vermuthung wach rufen, dass sie das Licht flieht, und den feuchten Boden aufsucht, wie dies auch Darwin, Smith und ihre Anhänger behauptet haben. Es hat aber bereits Duhamel [1]) gezeigt, dass die Wurzel sich keineswegs nach dem Boden richtet, sondern unabhängig von seiner Lage zu ihr, senkrecht abwärts wächst. Aehnlich haben auch Link [2]), Johnson [3]), De Candolle [4]), Wigand [5]) und andere durch verschiedene Versuche nachgewiesen, dass weder Licht, noch Boden, noch dessen Feuchtigkeit im Stande sind, die Wurzel von ihrer normalen Richtung abzulenken.

Wie wenig auch im Allgemeinen die Ansicht Parent's (1703 u. 1710) und v. Kielmeyer's (1835), dass der Erdmagnetismus auf die Richtung der Pflanzentheile eine Wirkung ausübe, Beifall gefunden hat, so sah ich mich dennoch veranlasst, durch Versuche ihre Unhaltbarkeit zu beweisen, da dies noch von keinem Forscher experimentell gezeigt wurde. Schon die Folgerung: dass wenn eine Pflanze von dem Erdmagnetismus beeinflusst würde, so müsste sie aus der südlichen Hemisphäre auf die nördliche hinübergebracht, wegen des entgegengesetzten Erdmagnetismus ihre Wurzel und Stengel in entgegengesetzter Rich-

---

[1]) A. a. O. p. 110 und 111 der deutschen Uebersetzung.

[2]) Grundlehre der Anat. und Physiol. p. 126.

[3]) Edinburgh new philos. Journal by Jameson 1828 p. 312. vgl. De Candolle's Pflanzenphysiologie p. 554.

[4]) Pflanzenphysiologie p. 554 und 556.

[5]) Botanische Untersuchungen 1844 p. 141 und 142.

tung wachsen lassen, — wogegen die Erfahrung spricht — zeigt die Unzulässigkeit jenes Satzes.

Man könnte hier jedoch vielleicht einwenden, dass von dem Erdmagnetismus beeinflusst, sich auch die Pole der Pflanze umkehren; um dem vorzubeugen, liess ich Samen keimen auf den Polen eines kleinen Hufeisenmagnets unter den verschiedensten Modificationen, doch das Resultat blieb stets constant, d. h. die Wurzeln wuchsen unabhängig von der Lage des Magnet immer senkrecht abwärts. Ein gleiches Resultat ergiebt sich auch, wenn man die Samen keimen lässt zwischen zwei Metallplatten, denen man nach Belieben, bald dieser, bald jener, die negative oder positive Elektricität zuführt.

Aus allen diesen Versuchen sehen wir klar hervortreten, dass die Wurzel stets in der Richtung der Schwerkraft wächst; schon dadurch wird es in höchstem Grade wahrscheinlich, dass die Schwerkraft selbst das die Abwärtskrümmung bedingende Moment ist.

Den ersten Versuch, den Einfluss der Schwerkraft auf die Pflanzentheile aufzuheben, hat bereits John Hunter gemacht, indem er Samen in dem Mittelpunkte eines in beständiger Kreisdrehung erhaltenen Fässchens keimen liess. Hierbei wuchsen die Wurzeln wie auch die Stengel der Keimpflänzchen stets in der Richtung der Drehungsachse, unabhängig von der Lage, die sie zu der Lothlinie einnahmen. Wird die Rotationsachse bei diesem Versuche gegen die Ebene des Horizonts geneigt aufgestellt, so entwickeln sich, wie es namentlich Dutrochet gezeigt hat, die Pflänzchen in der Richtung der Achse, doch so, dass der Stengel der Hebung, die Wurzel der Senkung derselben folgt. Vermittelst einer grossen Pendeluhr, die mir Herr Prof. Meyer gütigst zur Verfügung stellte, war es mir möglich, diesen Versuch allseitig zu prüfen. Das Triebrad derselben drehte mit Hilfe einer Schnur ohne Ende ein kleines Korkrad — von 11 Cm. Durchmesser — um seine horizontale Axe in einem völlig dunklen Blechkasten, die Rotationsgeschwindigkeit betrug 8 Umdrehungen auf eine Minute. An dieses Korkrad wurden in der Nähe seines Mittelpunktes verschiedene Samen zum Keimen befestigt, der Boden des Kastens mit einer Wasserschicht bedeckt und darauf der Apparat in Bewegung gesetzt. Es zeigte sich nun übereinstimmend mit den Versuchen Hunter's, Dutrochet's und Hofmeister's, dass die aus dem Samen hervorgebrochenen Pflanzentheile stets parallel zu der Drehungsachse sich richteten, und bereits bei einer Neigung der Achse von ungefähr 3° gegen den Horizont, folgten die Wurzeln der Neigung, die Stengel der Hebung der Achse. Die Erklärung dieser Erscheinung wird weiter unten unsere Aufmerksamkeit in Anspruch nehmen.

Der rohe Versuch Hunter's hat wahrscheinlich die allgemein bekannten Rotationsversuche Knight's[1]) in's Leben gerufen. Ich halte es für überflüssig, die Resultate meiner eigenen Versuche in dieser Beziehung anzugeben, da sie vollkommen mit jenen Knight's übereinstimmen, und schon so vielfach — von Dutrochet, Wigand, Hofmeister u. a. — bestätigt wurden. Aus allen den hier erzielten Resultaten leuchtet es mit Entschiedenheit ein, dass die Schwungkraft in demselben Sinne das Wachsthum der Pflanzen beeinflusst wie die Schwerkraft. Es lässt sich zwar nicht mit mathematischer Genauigkeit nachweisen, dass bei der Rotation um eine Verticalaxe die Pflanzentheile genau in der Richtung der Resultante aus der Schwer- und Schwungkraft wachsen, jedoch erwägt man, dass auch bei gewöhnlichem Verlauf der Sache die Richtung der Pflanzentheile niemals genau mit der Lothlinie zusammenfällt, so sieht man ein, dass der Beweis auch hier nicht streng zu führen ist, trotzdem man sich jederzeit überzeugen kann, dass die Pflanzentheile stets mehr im Sinne der stärkeren Kraft wachsen, d. h. je mehr die Schwerkraft die Schwungkraft überwiegt, desto mehr nähern sie sich der Richtung jener, und umgekehrt bei überwiegender Schwungkraft mehr der Richtung dieser. Es ist einleuchtend, dass bei allen Modificationen der Rotationsversuche die Wirkung der Schwerkraft nicht ganz ausser Acht gebracht werden kann, weshalb wohl auch einige Forscher — Meyer[2]), Schleiden[3]) u. a. — ihnen geradezu jede Beweiskraft in Abrede stellen. Um alle ähnliche Vorwürfe zu beseitigen, habe ich einen Apparat construirt, der eine Schwungkraft erzeugte, welche die Schwerkraft an Grösse übertraf, und nur in ihrer entgegengesetzten Richtung wirkte. Vermittelst eines durch Wasserkraft in Rotation versetzten Rades wurde durch ziemlich einfache Vorrichtung, wie es Fig. III versinnlicht, ein Pendel in schnelle Aufwärtsschwingung versetzt. Die Länge des schwingenden Pendels, von seinem Stützpunkte aufwärts, betrug beim Beginn des Versuches 1,46 Meter, die Grösse des Schwingungsbogens 21°, die Geschwindigkeit 262 Schwingungen in einer Minute. Am äussersten Ende des Pendels wurde ein zarter mit Wasserdunst erfüllter Glaskolben angebracht, und in demselben einige eingeweichte Samen von Erbsen, Wicken, Mais, Roggen, Weizen, Gerste, Linsen zum Keimen befestigt. Als nun hierauf der Apparat in Bewegung gesetzt wurde, so krümmten sich nach 15 Stunden alle hervorgebrochenen Wurzeln in der Richtung der Schwungkraft,

[1]) Philosophical transact. 1806. Th. I. p. 99 – 108, übersetzt in: Treviranus, Beiträge zur Pflanzenphysiologie, p. 191 – 206.

[2]) Neues System der Pflanzenphys., 1839. B. III. p. 579 und 581.

[3]) Grundzüge der wissensch. Botanik, 4. Ausg., p. 572.

also aufwärts in der Verlängerung des Pendels, und wuchsen in dieser Richtung unverändert weiter, bis sie auf den gegenüberliegenden Boden des Gefässes gestossen waren. Wurde bei diesem Versuche eine schon hervorgebrochene gerade Wurzel in irgend einer anderen Richtung befestigt, so zeigte sie bereits nach einigen Stunden eine deutliche Krümmung im Sinne der Schwungkraft, ganz analog wie dies beim gewöhnlichen Verlauf des Wachsthums im Sinne der Schwerkraft zu geschehen pflegt.

Würde man bei diesem Versuche die Schwungkraft der Schwerkraft gleich gross herstellen, so würde auf die Keimlinge gar keine Kraft einwirken und alsdann müssten die hervorbrechenden Wurzeln in allen möglichen Himmelsrichtungen wachsen, was bekanntlich bei den gewöhnlichen Rotationsversuchen nicht erzielt werden kann.

Es war mir zwar bis jetzt nicht gelungen, dies zu erreichen, doch es dürften wohl auch die wenigen Beobachtungen, die ich in dieser Beziehung gemacht habe, nicht ohne Interesse sein.

Ganz abgesehen von der theoretischen Berechnung, die wohl hier am allerwenigsten genaue, mit der praktischen Ausführung übereinstimmende Werthe zu liefern im Stande wäre, beschloss ich durch allmähliche Versuche, bei sonst gleichen übrigen Werthen diejenige Länge des Pendels zu ermitteln, bei der sich die Schwung- und Schwerkraft Gleichgewicht halten möchten; als Manometer sollten mir bei diesen Versuchen die hervorbrechenden Wurzeln dienen. Behufs dessen machte ich zunächst das Pendel um 1 Dcm. kürzer, — die übrige Vorrichtung blieb ganz so wie bei dem ersten Versuche — nach einer Schwingungsdauer von 20 Stunden waren die Wurzeln sämmtlicher Keimlinge — bis auf eine von *Lens,* die abgestorben war — in der Richtung der Schwungkraft gekrümmt und weiter gewachsen. Darauf verkürzte ich das Pendel noch 3mal hinter einander zu je 2,5 Cm. und immer bekam ich dieselben Resultate, d. h. sämmtliche Wurzeln wuchsen in der Richtung der Schwungkraft. Alsdann schnitt ich von dem Pendel noch 3 Dcm. ab — da ich genöthigt war, den Versuch schneller anzustellen — und bereits nach einer Schwingungsdauer von 12 Stunden fiel in die Augen die eingeleitete Krümmung der Wurzeln in einer der früheren entgegengesetzten Richtung, die sich immer mehr und mehr ausprägte, bis schliesslich sämmtliche Wurzeln nach unten weiter unverändert wuchsen in der Richtung der Schwerkraft, oder vielmehr des Ueberschusses der Schwer- über die Schwungkraft. Bei allen diesen Versuchen zeigten sich die Wurzeln von Mais, Weizen, Gerste, Roggen weit empfindlicher als die der übrigen Pflanzen — Linsen, Erbse, Wicke.

Leider war es mir bis jetzt nicht möglich, den Versuch zu wieder-

holen, um den Punkt, wo sich die beiden Kräfte das Gleichgewicht halten, genauer auszumitteln, jedoch aus dem Verlauf der oben angeführten Beobachtungen halte ich dies für ausführbar, und hoffe, dass dieser Versuch nicht ohne Interesse sein dürfte, da er uns die Mittel an die Hand giebt, die stetige Wirkung der Schwerkraft zu moduliren.

Aus all dem ist mit mathematischer Bestimmtheit zu schliessen, dass bei den Rotations- wie auch Pendelversuchen die Richtung der Wurzel von der Schwungkraft — resp. von dem Ueberschusse derselben über die Schwerkraft — bedingt wird, während die Abwärtskrümmung der Wurzel beim Wachsthum unter den gewöhnlichen Umständen von der Schwerkraft eingeleitet und bestimmt wird.

Es bleibt uns mithin noch die Frage zu erledigen:

§ IV. Auf welche Art und Weise bringt die Schwerkraft die Abwärtskrümmung der Wurzel hervor?

In dieser Beziehung sind bis jetzt die Ansichten der Forscher nach zwei entgegengesetzten Richtungen getheilt. Die einen, deren Hauptvertreter Hofmeister ist, behaupten übereinstimmend mit Knight, dass die Wurzel passiv sich abwärts krümmt, von der Schwere gleich einem Tropfen zäher Flüssigkeit beeinflusst. Nach ihnen ist die Region vor der Wurzelspitze aufwärts, in der die Längsstreckung der Wurzel vor sich geht, plastisch, und in dieser Zone wirkt das Gewicht der Wurzelspitze wie an einem Hebelarme abwärtsbiegend.

Gegen diese rein mechanische Umbiegungstheorie trat zunächst Frank auf, der durch verschiedene sinnreiche Versuche gezeigt hat, dass die Krümmung der Wurzel nicht eine passive, sondern vielmehr eine active ist, d. h. dass die Wurzel sich vermöge einer in ihr selbst durch die Schwere hervorgerufenen Kraft, die er als Geotropismus bezeichnet, abwärts krümmt.

Es würde zu weit führen, wenn wir den heftigen Streit[1]), der sich hierauf entspann, in seinen Einzelheiten auseinander setzen sollten, wir wollen vielmehr nur einige der wichtigsten Punkte desselben kritisch hervorheben, um an der Hand eigener Beobachtungen und Versuche zur selbständigen Entscheidung zu gelangen.

Einer der Hauptversuche, auf den Hofmeister seine Theorie zu

---

[1]) Prings. Jahrb. III. 1863. (Hofmeister.) Beitrage zur Pflanzenphys., 1868. p. 1—99. (Frank.) Botanische Zeitung 1868. Sp. 257 ff. (Hofmeister.) Botan. Zeitung 1868. Sp. 561 ff. (Frank.) Botan. Zeitung 1869. Sp. 33 ff. (Hofmeister.) Botan. Zeitung 1869. Sp. 369 ff. (N. J. C. Müller.) Botan. Zeitung 1870. Sp. 65 ff. (Spreschneff N.) Botan. Zeitung 1870. Sp. 793. (N. J. C. Müller.)

stützen bemüht ist, ist derjenige, dass die Wurzelspitze wachsender Erbsen, Puffbohnen, Wicken, deren Wurzel unter einem Winkel von etwa 45° nach unten 5—6 Mm. tief in das Quecksilber eingetaucht ist, in demselben sich nicht abwärts, sondern vielmehr aufwärts krümmt. Dies soll ein Beweis dafür sein, dass die Wurzel in dem specifisch schwereren Quecksilber, — ähnlich wie in der Atmosphäre von der Schwere abwärts — hier passiv aufwärts in ihrer plastischen Verlängerungszone umgebogen wird.

Den Grund dieser Erscheinung hat bereits Frank[1]) genügend erläutert, da jedoch Hofmeister in seiner letzten Abhandlung über diesen Gegenstand[2]) keine Notiz davon genommen hat, so sehe ich mich veranlasst, darauf näher einzugehen.

Es haben bereits viele Forscher — Pinot[3]), Mulder[4]), Goeppert[5]), Payen[6]), Durand[7]) u. a. — gezeigt, dass die Wurzeln verschiedener Keimpflanzen bis zu einer beträchtlichen Tiefe in das Quecksilber eindringen können. Diese Erscheinung findet Hofmeister „vollkommen selbstverständlich“[8]), namentlich da er selber ähnliche Fälle beobachtet hat. „Die Streckung — sagt er daselbst — der bei Beginn des Eintauchens bereits angelegten neuen Gewebe treibt das Wurzelende nach unten, und es liegt kein Grund vor, dass der plastische Querabschnitt der Spitze der wachsenden Wurzel seine Richtung ändere, da die empordrückende Last der durch die Wurzel aus ihrer Lage gedrängten Quecksilbertheilchen der Wurzelachse parallel wirkt.“ Ich pflichte dieser Erklärung vollkommen bei, jedoch stimmt sie keineswegs mit der Theorie der passiven Abwärtskrümmung der Wurzel überein. Wie wäre es wohl möglich, dass eine Wurzel, deren „Gewebe dicht über der Wurzelspitze sich verhält, etwa wie zäher Lack oder Syrup“[9]) im Stande wäre, sich immer tiefer in das schwere Quecksilber hineinzuarbeiten?

Eine senkrecht aufwärts aufgerichtete Wurzel krümmt sich nach einiger Zeit abwärts, obgleich hier nur die Schwerkraft — also das Ge-

---

[1]) Beiträge zur Pflanzenphysiologie. 1858. p. 25.

[2]) Botan. Zeitung 1869. Sp. 73 ff.

[3]) Ann. d. sc. nat. T. XVII (1829). p. 94.

[4]) Ann. d. sc. nat. T. XXI (1830). p. 129.

[5]) Verhandl. des Vereins zur Beförderung des Gartenbaues in den K. Preuss. Prov. Berlin 1831. T. VII. 8. Heft 15. Lief., p. 204.

[6]) Comptes rend. XVIII. (1844). p. 933.

[7]) Compt. rend. XX. (1845). p. 1261.

[8]) Botan. Zeitung 1869. Sp. 73.

[9]) Botan. Zeitung 1868. Sp. 261.

wicht der sich krümmenden Spitze (bei *Vicia Faba* 0,013 Gr.[1]) — herunterzieht, dort dagegen sollte eine ungefähr 8mal so grosse heraufttreibende Kraft des verdrängten Quecksilbers nicht vermögen, die Wurzelspitze an derselben plastischen Stelle senkrecht zur Seite hinauf zu pressen. Die Wasserschicht, welche die Wurzel im Quecksilber umgiebt, vermindert diesen Druck durchaus nicht, obgleich sie die Möglichkeit des Fortwachsens in dem flüssigen Metall bedingt. Dass sich aber eine unter einem Winkel von 45° in das schwere Metall eingetauchte Wurzel an der Stelle des grössten Wachsthums, unter der Wirkung der steten, starken, aufwärts treibenden Kraft, nach oben krümmt, ist ebensowenig für die Plasticität dieser Zone beweisend, wie etwa der Umstand, dass ein durch ein schweres Gewicht gekrümmter Holzstab, wenn er nach einiger Zeit die ihm ertheilte Krümmung beibehält, für die Plasticität — im Sinne Hofmeister's — des Holzes beweisend wäre; vielmehr deutet dies eine Biegsamkeit und im Laufe der Zeit eintretende Aenderung in den Spannungs- und Elasticitätszuständen an.

Hofmeister selber hat bemerkt, dass je stärker die Wurzel ist, desto langsamer ihre Aufwärtskrümmung bei diesem Versuche hervorgebracht wird. Diesen Unterschied hat er bereits zwischen den Wurzeln von *Pisum sativum* und *Vicia Faba* wahrgenommen[2]).

Stellt man nun denselben Versuch mit noch stärkeren Wurzeln an, wie z. B. mit denen der Rosskastanie, so überzeugt man sich leicht, dass ihre Wurzeln nicht nur wenn sie auf dem Quecksilber aufliegen, sich abwärts krümmen und in dasselbe eindringen, sondern auch wenn sie unter einem Winkel von 45° in dasselbe eingetaucht sind, sich keineswegs so, wie die schwächeren Wurzeln von *Pisum, Zea, Vicia* u. a., die dem Drucke des Quecksilbers nicht widerstehen können, aufwärts, sondern, wie ich mich oft überzeugt habe, abwärts krümmen und ungestört weiter wachsen. Ein ähnliches Verhältniss kann man herstellen, wenn man Keimlinge von Erbsen und Weizen auf einem dicken Brei von Modellir-Thon wachsen lässt; hier dringen sämmtliche Wurzeln von Erbsen in denselben abwärts, während die Würzelchen von Weizen oft auf seiner Oberfläche lange hinkriechen.

Als ferneren Beweis für die Plasticität des krümmungsfähigen Wurzelstücks führt Hofmeister folgenden Versuch an[3]): Es wurden gerade gewachsene Wurzeln von Erbse und Wicke an Brettchen vermittelst zweier abgekühlten Wachstropfen, von denen der eine auf die

---

[1]) Botan. Zeitung 1868. p. 275.

[2]) Botan. Zeitung 1869. Sp. 75 unten.

[3]) Pringsh. Jahrbücher III. 1863. p. 101.

Spitze, der andere bald hinter der Stelle des grössten Wachsthums angebracht war, so befestigt, dass die krümmungsfähige Zone der Wurzel frei zwischen den beiden Befestigungsstellen lag; die Brettchen wurden darauf senkrecht und zwar so aufgestellt, dass die Wurzeln horizontal zu liegen kamen. Die so an beiden Enden unterstützten krümmungsfähigen Wurzelstücke machten einen sanften, beständig nach oben geöffneten Bogen, was man nach Hofmeister's Auffassung nur so deuten kann, als hätten sich die plastischen Stücke zu Folge eigener Schwere gesenkt. In einem vollkommenen Widerspruche mit dieser Angabe stehen jedoch meine eigenen Beobachtungen. Ich wiederholte diesen Versuch vielfach, nur mit der Modification, dass ich die Wurzelspitze nicht mit warmen Wachs anklebte, sondern sie in eine genau passende, enge Oeffnung eines angeklebten Wachsklümpchens einsteckte, so dass die sich streckende Wurzel wohl in die enge Oeffnung eindringen, aber keineswegs darin weder nach der einen noch nach der anderen Seite sich bewegen konnte. Hierdurch vermied ich zwei nachtheilige Faktoren; zunächst wurde die Wurzelspitze nicht beschädigt, was — wie wir weiter unten sehen werden — zu abnormen Erscheinungen Anlass giebt, dann war der wachsenden Wurzel die Möglichkeit gegeben sich weiter in gerader Richtung zu verlängern. Bei allen auf diese Weise angestellten Versuchen zeigte sich, dass das, zwischen den beiden Stützpunkten befindliche krümmungsfähige Wurzelstück einen bald mehr bald weniger, aber stets nach unten geöffneten Bogen machte.

„In aller Reinheit — sagt Hofmeister[1]) — zeigt sich das Abwärtssinken der Wurzelspitzen während des ersten Stadiums der Keimung der meisten Samen, indem das Ende des Würzelchens einer Erbse z. B., kaum aus dem Samen hervorgetreten, mit scharfer und plötzlicher Biegung sich nach unten wendet.“ Dass aber diese Umbiegung keineswegs ein Abwärtssinken, sondern vielmehr ein actives Abwärtskrümmen der hervorbrechenden Wurzelspitze ist, lässt sich leicht nachweisen. Noch leichter als bei der Erbse lässt sich die jähe Abwärtskrümmung der hervorbrechenden Wurzelspitze bei den flachen und daher zu dem Versuche sehr geeigneten Samen von Linse beobachten. Legt man diese Samen zum Keimen — am besten auf einem nassen Filze — mit der einen flachen Seite nach unten, so sieht man, dass die mit der äussersten kaum 1 Mm. langen Spitze aus der Testa hervorbrechenden Wurzeln, bereits eine Andeutung der Richtung abwärts zeigen. Schält man einen solchen Samen von der Testa ab, noch

[1]) Bot. Zeitung 1869. Sp. 51.

bevor die Wurzel dieselbe gesprengt hat, so findet man, dass die noch so kleine Wurzel bereits eine geringe Krümmung abwärts besitzt. Es ist klar, dass hier keine Rede von einem Abwärtssinken sein kann, da ja der Wurzel zwischen den aufgequollenen Cotyledonen und der gespannten Testa kein freier Raum zum Sinken gegeben war. Legt man nun einen solchen Samen hierauf so, dass die früher nach oben gerichtete Fläche jetzt nach unten kommt, so steigert sich zunächst die Krümmung etwas, die Wurzel wächst ein Stück aufwärts, und erst nach einiger Zeit geht die Krümmung in die entgegengesetzte normale über.

Den sichersten Beweis für die active Abwärtskrümmung der Wurzel liefert, wie bereits Frank dargethan, der Johnson'sche[1]) Versuch, wo an der äussersten Spitze einer geraden, horizontal aufgestellten Wurzel ein feiner Seidenfaden mit rasch trocknendem Lack befestigt, darauf über eine kleine leicht drehbare Rolle geschlungen und an seinem freien Ende ein, das Gewicht des krümmungsfähigen Wurzelstückes um weniges überwiegendes Gewicht angehängt wird. Das Resultat ist bei allen gut angestellten Versuchen — wo das angehängte Gewicht nicht zu schwer, und die Wurzel einer Krümmung abwärts fähig ist — immer dasselbe, d. h. das krümmungsfähige Wurzelstück krümmt sich abwärts und zieht das schwerere Gewicht in die Höhe. Ich halte es kaum für nöthig, meine eigenen Versuche hierüber, wo Wurzeln von Erbsen sich abwärts krümmten und ein 0,15 Gramm schweres Gewicht um mehrere Mm. in die Höhe zogen, anzuführen, da dies schon so vielfach bestätigt wurde, und auch Hofmeister selbst ähnliche Resultate[2]) erzielt hat. Freilich erklärte Hofmeister auch diese gegen seine Ansicht zeugenden Thatsachen vom Standpunkte seiner Theorie und sogar auf drei verschiedene Weisen; doch die erste (Bot. Zeitung 1868. Sp. 277 ff.) hat bereits Frank (Bot. Zeitung 1868. Sp. 597 ff.) widerlegt, die zweite (Bot. Zeitung 1869. Sp. 57 ff.) ist, wie jeder unparteiische Leser zugeben wird, viel zu gespannt und künstlich, als dass sie irgend eine Anerkennung finden könnte, und schliesslich die dritte Erklärung (Bot. Zeitung 1869. Sp. 92 ff.), wo Hofmeister bereits eine active Krümmung der Wurzel annimmt, aber sie nur einer unter ungünstigen Bedingungen — wie dies eine Temperatur von + 17° C. und mit Wasserdampf gesättigte Luft sein soll — stattfindenden Entwickelung zuschreibt, dieselbe aber in eine passive um-

---

1) Edinb. new philos. journal 1828. S. 312. Annalen der Gewächskunde Bd. IV. Heft 4. S. 406. Linnaea Bd. V. 1830. p. 145 des Literaturberichtes.

2) Bot. Zeitung 1868. Sp. 275. Bot. Zeitung 1869. Sp. 93 ff.

gewandelt sehen will, wenn die Temperatur auf + 23 ° C. erhöht wird und die Wurzeln reichlich mit Wasser benetzt werden, — da alsdann bei dem Johnson'schen Versuch die Wurzeln aufwärts gezogen werden, — wird weiter unten ihre Widerlegung finden, wo ich den Grund dieser Erscheinung experimentell nachweisen werde. Ganz analog mit dieser, ist auch jene Erscheinung, wo horizontal auf nasser Unterlage wachsende Wurzeln ihre Spitze aufwärts richten und erst dann abwärts sinken, welcher Umstand zu einem Streite zwischen Hofmeister und Frank Veranlassung gegeben hat, da der letztere behauptete, dass in solchem Falle die Wurzel ohne vorausgegangene Hebung sich abwärts zu krümmen bestrebt ist und dadurch den nach oben convexen Bogen bewirkt. Erst aus dem letzten Aufsatze Hofmeisters über diesen Gegenstand [1]) erhellt es, dass beide Forscher richtig beobachtet haben, der eine aber stets von Versuchen sprach, die er in feuchtem Raume auf nasser, der andere von solchen, die er auf trockener oder höchstens feuchter Unterlage anstellte, welcher Umstand, wie wir später sehen werden, in der That oft verschiedene Resultate veranlasst.

Bei den austreibenden Knospen vieler Laubbäume — Ulme, Linde, Haselstrauch — nimmt Hofmeister eine active Abwärtskrümmung an [2]), als Beweis dafür führt er an, dass unter Umständen diese Incurvation auch über die Lothlinie hinausgehen kann, und dass die eine Kante einer solchen Knospe zum Convexwerden praedisponirt ist, d. h. „wird die Lage des knospentragenden Zweiges im Beginne des Ausschlagens geändert, so wird diejenige Kante der Knospenachse die convexe, welche während der Anlegung und Ruhezeit dem Zenithe zugewendet war.“ Diese beiden Eigenschaften spricht er vollkommen der sich abwärts krümmenden Wurzel ab [3]). Doch mit Unrecht; denn einerseits kann man genug Fälle beobachten, wo die sich krümmende Wurzel um ein bedeutendes über die Lothlinie hinaus sich bewegt, — freilich gleicht sich dieses zu viel meistens wieder aus, indem sie bei weiterem Wachsthum wieder in die Normale zurückkehrt; andererseits ist aber auch die Prädisposition einer bestimmten Kante zum Convexwerden in demselben Grade auch bei den Wurzeln zu beobachten. Man hat nur nöthig um dies hervorzurufen eine Wurzel gewaltsam in horizontaler Stellung längere Zeit — 4 bis 8 Stunden — fest zu halten am besten durch Befestigen an einem horizontalen Brette, und darauf sie so umzukehren, dass die früher gegen den Zenith gekehrte Seite

---

1) Bot. Zeitung 1869. Sp. 33 ff. 92.
2) Bot. Zeitung 1869. Sp. 89 ff.
3) Bot. Zeitung 1869. Sp. 90.

jetzt gegen den Nadir zu liegen kommt, und nach kurzer Zeit wird man sehen, dass die Prädisposition zur Abwärtskrümmung in der Wurzel bei der früheren Stellung vorhanden war, da sich in diesem Falle die Wurzel aufwärts krümmt d. h. mit der früher dem Zenith zugekehrten Kante convex. Dies hat sowohl bereits Frank dargethan und gewürdigt [1]), als auch hat Hofmeister einen ähnlichen Fall früher [2]) beschrieben; freilich konnte er bei seiner Theorie darauf keinen Werth legen.

Aus alledem ist man zu dem Schlusse berechtigt, dass die Theorie von der passiven Abwärtskrümmung der Wurzel eine unzulässige ist, und dass die Ansicht der activen Krümmung der Wurzel, welche Hofmeister schliesslich in einigen, doch nur, wie er sagt, abnormen, verkümmerten Entwickelungsfällen [3]) annimmt, die allein richtige sein kann. Frank gebührt nun das Verdienst zuerst nachgewiesen zu haben, dass es eine active Kraft sein muss, die erst durch die Schwerkraft im Inneren der Wurzel ausgelöst, diese zu der Krümmung abwärts nöthigt.

Diese Kraft belegte er mit dem nicht ganz passenden Namen „Geotropismus," da auch bei den Rotationsversuchen dieselbe Kraft durch die Centrifugalkraft hervorgerufen wird, hier aber keineswegs nach der Erde hin wirkt.

Wenn jedoch Frank [4]) später diese Kraft auf Grund des Darwinschen Atavismus dem Instincte der Thiere gleichstellt, so thut er entschieden Unrecht, da ja die Wurzel, wie wir früher gesehen haben, sich keineswegs nach der Lage des Bodens richtet, sondern ganz unabhängig davon gleichwerthig der Schwer- wie auch der Schwungkraft folgt. In dieser Hinsicht würden wir nach so zahlreichen Untersuchungen auf demselben Punkte stehen bleiben, auf den bereits Percival, Lefebure, Meyen und viele andere alte Forscher sich stützten, indem sie die Abwärtskrümmung der Wurzel theils dem Instincte der Pflanzen zuschrieben, theils auch für eine eigenthümliche unerklärliche Wirkung der Lebenskraft allein hielten.

---

[1]) Beitrag zur Pflanzenphys. p. 32 u. 33.
[2]) Bot. Zeitung 1868. Sp. 276.
[3]) Bot. Zeitung 1869. Sp. 92.
[4]) Die nat. wagerechte Richtung der Pflanzentheile etc. 1870. p. 89—91.

§ V. Wo und wie wird die active Kraft der Abwärtskrümmung in einer Wurzel durch die Schwer- und Schwungkraft hervorgerufen?

Vor allem habe ich mich bemüht zu ermitteln, ob nicht etwa auf anatomischem Wege über diese Frage Aufschluss gewonnen werden könnte.

Bei der mikroskopischen Untersuchung einer Wurzel bemerkt man zunächst, dass die Wurzelhaube nicht nur bei verschiedenen Pflanzen verschieden weit hinaufreicht, sondern auch, dass sie bei denselben Individuen in den ersten Entwicklungsstadien sich weiter hinauferstreckt, als später; dies lässt sich namentlich gut beobachten bei der Vergleichung einer jungen aus der Testa hervorbrechenden Wurzel und einer weiter entwickelten von *Lens, Vicia, Pisum* etc.

Wenn unsere in § II. angeführten Beobachtungen gezeigt haben, dass die äusserste Spitze der Wurzel kein Wachsthum erkennen lässt, so beruht dies, wie die mikroskopische Untersuchung zeigt, darauf, dass diese Zone von der sich nicht vergrössernden Wurzelhaube bedeckt ist, an welcher die Marken aufgetragen waren.

An der Spitze der Wurzel — unter dem Schutze der Wurzelhaube — findet eine rege Zelltheilung [1]) statt, und es fällt gerade mit der Stelle, wo wir in den oben angeführten Versuchen die grösste Verlängerung der Wurzel beobachtet haben, auch das energischste Längswachsthum der Zellen zusammen, welches weiter aufwärts immer mehr und mehr abnimmt, indem die Zellen in Dauergewebe übergehen. In dieser Zone beginnt auch die Differenzirung der Zellen des Leitzellstranges in Gefässe, Holz- und Markzellen. An dem ausgebildeten Theile einer Wurzel unterscheiden wir [2]), — in centripetaler Richtung — (vergl. Fig. IV.) eine Schicht von Epidermiszellen (ep), ein verhältnissmässig stark entwickeltes Rindenparenchym (rp) eine Lage kleinerer Parenchymzellen, die das centrale Leitzellbündel umschliessen — Gefässbündelscheide — (gbs); das centrale Leitzellbündel (lzb) besteht aus Holz- (h), Gefäss- (g) und den hier auf das Minimum reducirten Markzellen. Bei einigen Wurzeln kommen noch Baststränge vor, diese liegen alsdann zwischen den Gefässsträngen am Umfange des Leitzellbündels. Bei einer gerade entwickelten Wurzel sind die demselben Cyclus angehörigen Zellen stets von gleicher Dimension und

---

[1]) Ohlert Linnaea Bd. XI. p. 61. Nägeli Zeitschr. wiss. Bot. III. und IV. 1864. p. 186 (Hofmeister).

[2]) Vergl. Sachs, Lehrbuch der Botanik 1870. p. 142.

Beschaffenheit, dieses Verhältniss ändert sich jedoch, wenn dieselbe eine Krümmung beschreibt.

Untersucht man nämlich einen zarten, senkrecht zu der Krümmungsebene geführten Längsschnitt einer gekrümmten Wurzel mikroskopisch, so fällt vor allem auf die ungleiche Dimension der Zellen an der convexen und concaven Kante der Krümmungsstelle. Fig. IV. Dieser Unterschied ist am meisten ausgeprägt an den Zellen der Epidermis und den äussersten Schichten des Rindenparenchyms, sowie um so grösser, je grösser und jäher der Krümmungsbogen der Wurzel ist. Davon kann man sich leicht durch Vergleichen entsprechender Praeparate überzeugen.

Eine vergleichende Zusammenstellung dieser Zellen, wie sie Frank gegeben hat[1]), halte ich für überflüssig, da sie, wie bereits erwähnt, entsprechend der Grösse des Krümmungsbogens variabel sind, so dass, wenn namentlich die Krümmung der Wurzel aus einer Richtung aufwärts erfolgte, die Länge der Epidermiszellen der concaven Kante zu denen der convexen sich oft wie 1 : 6 und darüber verhält. Fig. IV.

Schon bei der Untersuchung des Längschnittes einer solchen stark gekrümmten Wurzel fällt es auf, dass die Zellen der Epidermis und des Rindenparenchyms der unteren concaven Kante vielfach gegeneinander verschoben, keilförmig zusammengedrückt sind, und nicht selten Falten in den äusseren Conturen des concaven Bogens erscheinen, während die obere convexe Kante eine gleichmässige Spannung und stark ausgeprägte, regelmässige Entwickelung der entsprechenden Zellen zeigt. Das mikroskopische Bild überzeugt uns hiernach mit voller Bestimmtheit, dass die an der convexen Seite gelegenen Zellen eine abnorme Streckung nach allen Richtungen erlitten und dadurch die Zellen der concaven Kante nicht nur an der entsprechenden Vergrösserung gehindert, sondern sogar comprimirt haben, wie dies die vielfachen Falten und Unregelmässigkeiten der concaven Kante andeuten. Vergleichen wir nun die Grösse der Zellen an den beiden Kanten genauer, so finden wir, dass die der convexen sich nicht blos der Länge nach, sondern auch nach den beiden anderen Dimensionen weit über das normale Mass ausgedehnt haben, während die Zellen der concaven Kante zusammengedrückt erscheinen und in ihren drei Achsen bei weitem hinter dem Mittel zurückgeblieben sind. Vergl. Fig. IV.

Aus vielen Messungen, die ich an stark gekrümmten Wurzeln ausgeführt habe, führe ich nur eine beliebige an; die Werthe sind hier das Mittel aus je 5 Messungen, und zwar betreffen diese nur die erste an

---

[1]) Beitrag zur Pflanzenphys. p. 40.

der Epidermis gelegene Schicht des Rindenparenchyms der beiden Kanten der Krümmungsstelle und dann einer Region weiter unten, wo die Wurzel gerade senkrecht abwärts sich entwickelt hat; es ist noch zu bemerken, dass alle Zellen bereits ihr Wachsthum vollendet haben.

Die Grösse der Zellen der erwähnten Schicht betrug:

	Länge.	Breite.	Dicke.
an der convexen Kante:	0,125 Mm.	0,045 Mm.	0,042 Mm.
an der concaven Kante:	0,02 Mm.	0,025 Mm.	0,026 Mm.
bei normaler Ausbildung: . .	0,099 Mm.	0,035 Mm.	0,032 Mm.

Diese active Wirkung der oberen Kante lässt sich noch durch folgenden einfachen Versuch veranschaulichen. Schneidet man von einer geraden gut entwickelten Wurzel durch einen langen Secantenschnitt das Rindenparenchym des Fortwachsens fähigen Wurzelendes bis auf den centralen Leitzellstrang fort, und stellt die Wurzel alsdann horizontal so auf, dass die vom Rindenparenchym entblösste Hälfte nach unten, die unverletzte nach oben zu liegen kommt, so sieht man, dass in diesem Falle die Krümmung der Wurzel nicht nur in verhältnissmässig kürzerer Zeit, sondern auch rapider und in einem kürzeren Bogen wie sonst erfolgt. Wird dagegen eine solche Wurzel mit der Schnittfläche nach oben aufgestellt, so krümmt sie sich in den meisten Fällen ebenfalls abwärts, doch stets in einem weiten allmählich fortschreitenden Bogen, oder auch, doch weit seltener — namentlich wenn man die Schnittfläche unvorsichtiger Weise eintrocknen liess — krümmt sie sich zunächst allmählich aufwärts, und erst nach einiger Zeit abwärts. Geht in einem solchen Falle das sich aufwärts krümmende Wurzelstück über die Lothlinie hinaus, wo alsdann die unverletzte Kante dem Zenithe zugekehrt wird, so erfolgt darauf eine rapide stark ausgeprägte Abwärtskrümmung. Man erkennt also daraus, dass im ersteren Falle der die Krümmung verzögernde, im zweiten der dieselbe vorzüglich hervorrufende Faktor entfernt ist.

An dieser Stelle müssen wir auch jener bereits weiter oben in Erwähnung gebrachten, übrigens selten vorkommenden Erscheinung gedenken, wo die Wurzel nicht senkrecht abwärts wächst, sondern unabhängig von der Schwerkraft sich in beliebiger Richtung krümmt. Häufiger als bei allen anderen kann man dies namentlich bei alten Samen von Erbsen und Wicken beobachten. Hier kommt es vor, dass die aus dem Samen hervorbrechende Wurzel bald weniger, bald mehr, sich nach irgend einer Richtung krümmt, oft sogar mehrere schraubenartige Windungen beschreibt, und erst nach einiger Zeit normal der Einwirkung der Schwere folgt. Die concave Kante ist in einem solchen Falle

stets diejenige, welche früher innerhalb des Samens an der Testa, die convexe die, welche an den Cotyledonen — respective Endosperm — gelegen war. Untersucht man eine solche Krümmungsstelle mikroskopisch, so sieht man, dass die Zellen der convexen Hälfte einen normal ausgebildeten, die der concaven dagegen einen krankhaften Habitus zeigen, indem sie wenig entwickelt sind und oft im rudimentären Zustande sich befinden.

Daraus ist man zu dem Schlusse berechtigt, dass in solchem Falle die Zellen derjenigen Kante der Embryonalwurzel, die an der Testa gelegen war, durch das längere Aufbewahren in Folge stärkeren Austrocknens zu späterer normalen Entwickelung unfähig geworden sind. Ein ähnlicher Fall kann aber auch, durch verschiedene äussere Einflüsse veranlasst, erst bei späterer Entwickelung einer Wurzel eintreten, wo alsdann die concav gekrümmte Kante nicht diejenige zu sein braucht, welche im Samen an der Testa gelegen war. Künstlich lässt sich dieselbe Erscheinung leicht hervorrufen, wenn man die Zellen irgend einer Kante der Wurzel an der streckungsfähigen Zone durch behutsame Berührung mit heissem Platindraht zur weiteren Entwickelung unfähig macht. —

Aus all dem vorhin Gesagten ersehen wir, dass wenn eine Wurzel von der Richtung der Lothlinie abweicht, die Schwerkraft in der dem Zenithe zugekehrten Hälfte ein günstigeres Wachsthum der Zellen einleitet als in der anderen nach unten gelegenen; in Folge dessen strecken sich die Zellen der oberen Hälfte bei weitem mehr als die der unteren und bewirken dadurch ein Zusammendrücken der unteren Zellenschichten in ähnlicher Weise, wie ein aus Messing und Eisen zusammengelötheter Stab bei der Erwärmung in Folge stärkerer Ausdehnung des ersten Metalls sich dergestalt krümmt, dass das Eisen an der concaven Seite des Bogens zu liegen kommt.

Ebenso muss die Wurzel in der wachsthumsfähigen Zone eine Krümmung ausführen, die so lange andauert, bis der wachsende Theil der Wurzel in die Richtung der Lothlinie kommt, wo alsdann die Wachsthumsunterschiede sich ausgleichen, und die Wurzel weiterhin sich gerade entwickelt.

Es bleibt uns mithin noch die Art und Weise zu ermitteln, auf welche die Schwerkraft in der oberen Hälfte einer von der Lothlinie abweichenden Wurzel ein günstigeres Wachsthum hervorruft.

Es ist einleuchtend, dass bei einem so complicirten, bis jetzt in seinen Einzelheiten noch unvollkommen bekannten Process, wie das Leben und Wachsthum der Pflanzen ist, die Lösung dieser Frage keine leichte Aufgabe sein wird, und nur an der Hand zahlreicher und sorg-

fältig ausgeführter Versuche dürfen wir hoffen unserem Ziele näher zu kommen.

Es hat sich aus unseren sehr zahlreichen Versuchen das wichtige Resultat — das unseres Wissens bisher noch von Niemandem ausgesprochen worden ist — ergeben, dass: die Abwärtskrümmung der Wurzel nur stattfindet, so lange die Wurzelspitze unversehrt ist, dass dieselbe dagegen unterbleibt, sobald diese beschädigt oder entfernt ist.

Wird von einer senkrecht abwärts gerade entwickelten Wurzel die äusserste — bei *Pisum, Lens, Vicia* ungefähr 0,5 Mm. lange — Spitze, in deren Bereich der unter dem Schutze der Wurzelhaube befindliche Bildungsherd kommen muss, abgeschnitten, so entwickelt sich eine solche Wurzel weiter, indem die bereits in Form des Urmeristems vorhandenen Zellen sich ausbilden und ausdehnen, wird aber hierbei nicht mehr von der Schwerkraft beeinflusst und krümmt sich daher nicht mehr abwärts, sondern verlängert sich stets in der früheren Richtung geradlinig weiter, ganz unabhängig davon, in welche Lage zu der Lothlinie sie nach der Verstümmelung der Spitze gebracht wurde. Fig. II^{b}. Es geschieht nun oft, namentlich wenn keine Adventivwurzeln entspringen, dass an der abgeschnittenen Stelle nach einigen Tagen ein neuer Bildungsherd entsteht, und eine neue weiter sich entwickelnde Wurzelspitze[1]) hervorsprosst; von diesem Augenblicke ab wird nicht nur das neu hinzugekommene, sondern auch das vor der Schnittzone gelegene Wurzelstück, dessen Zellen ihre vollkommene Ausdehnung noch nicht erlangt haben, von der Schwerkraft wieder beeinflusst und richtet sich senkrecht abwärts. — Fig. II^{c}.

Einen anderen Verlauf zeigt dieser Versuch, wenn die Wurzel vorher einige Zeit in horizontaler Richtung aufgestellt war und alsdann — doch bevor noch irgend eine Andeutung der Abwärtskrümmung bemerkbar wurde — ihre Spitze abgeschnitten wird. Stellt man eine so zugerichtete Wurzel in einem mit Wasserdunst gesättigten Raume in irgend einer beliebigen Richtung auf, so sieht man nach einiger Zeit eine Krümmung eintreten und zwar in dem Sinne, dass stets die früher zenithwärts gekehrte Kante jetzt zu der convexen wird.

---

[1]) Von morphologischer Wichtigkeit ist die Erscheinung, dass unter Umständen an der Schnittfläche mehrere Bildungsherde entstehen, und dem entsprechend 2—3 neue Wurzelspitzen hervorbrechen, die sich weiter normal entwickeln.

Es könnte hier vielleicht der Einwand gemacht werden, dass eine so praeparirte Wurzel desshalb einer Krümmung abwärts unfähig ist, weil die Wirkung des herabziehenden Gewichtes, der abgeschnittenen Wurzelspitze verloren geht. Ein zweckmässig angestellter Versuch widerlegt jedoch dieses.

Eine abgeschnittene Spitze wiegt z. B. bei der Linse in saftvollem Zustande kaum 0,001 Grm., wird daher an der Schnittfläche ein Gewicht von 0,007 Grm. angehängt, so müsste dieses noch grössere Wirkung auf das krümmungsfähige Wurzelstück ausüben, wie die entfernte Spitze, folglich müsste es das Wurzelende abwärts ziehen; doch der Versuch zeigt, dass in einem solchen Falle sich die Wurzel trotzdem in der früheren Richtung geradlinig weiter verlängert. Von keinem geringeren Interesse dürfte wohl auch der Versuch sein: das Verhalten einer solchen Wurzel, wenn sie der Quecksilberprobe Hofmeister's unterworfen wird, festzustellen. Zu diesem Zwecke habe ich bei mehreren gut entwickelten, senkrecht abwärts gewachsenen Wurzeln von Erbsen und Linsen die Wurzelspitzen abgeschnitten, und darauf sie unter einem Winkel von ungefähr 45 ° bis zu einer Länge von 7—9 Mm. in Quecksilber getaucht, sämmtliche Wurzeln waren bereits nach 24 Stunden in grösseren oder kleinen Bogen aufwärts gekrümmt und ragten aus dem Quecksilber hervor.

Wir sehen hieraus, dass dieser Versuch Hofmeister's mit unverletzten Wurzeln keineswegs massgebend ist für die passive Abwärtskrümmung der Wurzel, da ja auch die verstümmelten Wurzeln, die notorisch einer Abwärtskrümmung unfähig sind, dieselbe Erscheinung zeigen wie jene, indem sie dem Drucke des Quecksilbers in der wachsthumsfähigen Zone nachgeben müssen.

Es ist nun eine von uns ausser Zweifel gestellte Thatsache, dass die Wurzel nur dann einer Abwärtskrümmung fähig ist, wenn ihr Vegetationspunkt, d. h. die Zone, in welcher sich durch rege Theilung die Zellen vermehren, unverletzt ist, und hierdurch erklären sich auch die übrigens selten vorkommenden Erscheinungen, wo scheinbar unverletzte Wurzeln trotz ihres Wachsthums der Abwärtskrümmung unfähig sind.

Eine allgemein bekannte Erscheinung ist es ferner, dass die kurzen in Längsreihen der Hauptwurzel entspringenden Adventivwurzeln — bei *Zea Mays*, *Aesculus Hippocastanum* u. a. — sich nicht abwärts krümmen, sondern in ihrer Anlagerichtung geradlinig fortwachsen; eine genauere Beobachtung weist aber auf, dass hier die Thätigkeit des Vegetationspunktes auf das Minimum reducirt ist, und dass ihr Wachsthum nur lediglich auf der Verlängerung schon früher angelegter Zellen beruht.

§ VI. Erklärungsversuche der im Obigen dargelegten Thatsachen.

Wenn wir in Folgendem versuchen für die von uns und Anderen in Bezug auf die Abwärtskrümmung der Wurzel festgestellten Thatsachen eine Erklärung zu geben, so verkennen wir nicht, dass dieselbe vielfach hypothetisch bleiben muss und selbst in den Punkten, welche wir glauben fester begründen zu können, dem Leser um so mehr manches Problematische einzuschliessen scheinen wird, als an dieser Stelle nicht möglich ist eine vollständige und ausführlichere Begründung zu geben.

Unsere Erklärung geht aus von dem Traube'schen Versuche der Bildung einer künstlichen Zelle.

M. Traube [1]) hat bekanntlich durch Einführen eines Krystalles von Kupferchlorid in Blutlaugensalz die Bildung einer völlig geschlossenen Membran von Ferrocyankupfer beobachtet, welche der Diffusion und des Wachsthums fähig, sich einer Zellmembran in vielen Stücken analog verhält, während das im Verlauf des Versuches sich in Wasser auflösende Kupferchlorid sich wie ein flüssiger Zellinhalt verhält. Traube hat ferner gezeigt, dass diese künstliche Zelle sich durch fortdauernde Wasseraufnahme continuirlich vergrössert und zwar hauptsächlich in verticaler Richtung, indem die wachsende Zellmembran sich ganz überwiegend an ihrem oberen Scheitel durch Intussusception vergrössert. Nach Traube's scharfsinniger Auffassung beruht diese Erscheinung darauf, dass die Intussusception und in Folge dessen das Wachsthum dieser Zellmembran da am stärksten ist, wo die zu ihrer Bildung erforderliche Flüssigkeit — gewissermassen Nährflüssigkeit — am wenigsten concentrirt ist, also an der dem Zenith zugekehrten Region der Zelle, während die sich an der dem Nadir zugekehrten Hälfte derselben unter der allbekannten Wirkung der Schwerkraft ansammelnde, schwerere, concentrirte Lösung für das Wachsthum der Zellhaut untauglich ist. Traube hat auch beobachtet, dass eine künstliche, in Form eines vertikalen Schlauches entwickelte Zelle, sobald sie aus der Lothlinie gebracht wird, in derjenigen Zone, die der Spitze benachbart und in grösster Streckung begriffen ist, eine Krümmung erleidet und bei weiterer Vergrösserung in der Richtung senkrecht aufwärts fortwächst.

Ich glaube, dass die hier constatirten Thatsachen auch mit Erfolg für die Erklärung des Wurzelwachsthums zu Nutze gezogen werden können.

Es ist klar, dass bei den nach unserer Methode angestellten Ver-

---

[1]) Reichert's und du Bois-Reymond's Archiv 1867.

suchen in feuchter Luft die für das Wachsthum der Wurzel nöthigen Bildungssäfte einzig und allein aus den Cotyledonen kommen können, von denen aus sie nach der Wurzelspitze zuströmen. Dieser Cotyledonarstrom bewegt sich nicht in der Rinde, sondern in dem centralen Leitzellbündel, — wovon man sich durch das sorgfältige Entfernen des Rindenparenchyms einer älteren Stelle der Wurzel bis auf das Leitbündel leicht überzeugen kann, da in diesem Falle die Wurzel sich ganz normal weiter entwickelt. Ist nun die Wurzel senkrecht abwärts gerichtet, so ist die Diffusion der Bildungsäfte von dem centralen Leitbündel aus nach allen wachsenden peripherischen Zellschichten hin als gleichwerthig anzusehen; wird aber die Wurzel in eine geneigte Lage zu der Normalen versetzt, so ist anzunehmen, dass unter dem Einflusse der Schwerkraft die concentrirteren Bildungssäfte, als die schwereren, sich nach derjenigen Hälfte der Wurzel hin stärker ansammeln werden, die dem Nadir, die leichteren mehr verdünnten dagegen nach der, die dem Zenith zugekehrt ist. In der That haben uns die mikroskopischen Beobachtungen zweckmässig geführter Schnitte auf das allerbestimmteste überzeugt, dass an der nach unten liegenden concaven Kante die Zellen der Wurzel mit dem dichtesten Protoplasma derart vollgefüllt sind, dass sie fast undurchsichtig sind, während der Zellinhalt um so dünnflüssiger und durchsichtiger erscheint, in je höher gelegenen Zellschichten er sich befindet, die an der obersten convexen Kante gelegenen Zellen endlich einen klaren fast wässrigen Inhalt führen. (Vergl. Fig. IV.)

Es ist daher auch anzunehmen, dass in Wurzeln, welche sich nicht in der Richtung der Normale befinden — analog wie im Traubeschen Versuche — der Inhalt der Zellen der unteren Hälfte concentrirter und demnach weniger zur Ausscheidung der Zellenmembran befähigt, dass derjenige der oberen Hälfte hingegen mehr verdünnt und zur Bildung von Membranmolecülen geeigneter ist. Die Zellen der oberen Hälfte werden daher besser und schneller wachsen als die der unteren, und somit selbstverständlich eine Krümmung und zwar abwärts bedingen, bis schliesslich das wachsthumsfähige Wurzelstück in die Normale zu liegen kommt, wo dann die Diffusion und somit auch das Wachsthum in den entsprechenden Zellschichten gleichwerthig wird, und die Wurzel fortan gerade sich verlängert.

Es ist nun klar, dass, wenn unsere Auffassung richtig ist, in einem solchen Falle, wo dafür gesorgt wird, dass der concentrirte Inhalt der Zellen der unteren Hälfte ebenfalls verdünnt wird, keine Abwärtskrümmung der Wurzel eintreten darf, sondern vielmehr eine Auf-

wärtskrümmung, sobald die Zellen der unteren Kante alsdann stärker wachsen werden als die der oberen. Nachstehender Versuch scheint in der That dies zu bestätigen.

Wird eine gerade, senkrecht abwärts gewachsene Wurzel von *Zea Mays* auf eine Wasseroberfläche horizontal so aufgelegt, dass das Wasser nur die untere Kante der Wurzel benetzt, so krümmt sie sich nicht abwärts, wie man es voraussetzen müsste, sondern sie krümmt sich aufwärts, in der gewöhnlichen Krümmungszone, und hebt dadurch die Spitze von 3—4 Mm. über die Wasseroberfläche; das hierauf über dem Wasser befindliche Stück beschreibt bei fernerem Wachsthum eine Krümmung abwärts, wodurch die Spitze wieder in Wasser eingetaucht wird; dieses Abwärtswachsthum hält so lange an, bis die krümmungsfähige Zone der Wurzel wieder in Wasser anlangt, worauf dann eine neue Hebung der Spitze aus dem Wasser erfolgt, darauf wieder eine Senkung u. s. w.; dies wiederholt sich so lange bis die Wurzel noch eines Wachsthums fähig ist, und lässt sich namentlich schön verfolgen an solchen Exemplaren, die keine Adventivwurzeln treiben, oder wo man dies durch Abschneiden derselben verhindert. Fig. V. stellt einen ähnlichen Fall vor, wo eine über Wasser angebrachte, unter einem Winkel von etwa 6 ° an die Oberfläche angelangte Wurzel von Mais von dieser Richtung ablenkte und horizontal an der Oberfläche 6 Mm. lang fortwuchs, darauf hob sich die 3 Mm. lange Spitze in die Höhe, senkte sich bereits nach 5 Stunden wieder abwärts in Wasser, wuchs 5 Mm. an seiner Oberfläche, hob sich wieder in die Höhe, senkte sich herunter, und dies wiederholte sie 8 Mal (wobei die Wurzel eine Grösse von 13 Cm. erlangte), bis schliesslich die ganze Pflanze in ihrer Entwickelung stockte, nachdem sich bereits 3 Blätter gebildet und die Cotyledonen erschöpft waren. Dieselbe Erscheinung findet auch statt, wenn die Wurzel auf einer nassen, horizontalen Oberfläche eines festen Körpers sich entwickelt, und ist auch bei anderen Pflanzen, wie Weizen, Hafer u. dergl. zu beobachten; bei den Wurzeln von Leguminosen tritt sie sehr selten in diesem Grade ein, wohl aber sieht man, dass bei einer solchen auf Wasser gelegten Wurzel die Krümmung abwärts in einem sehr weiten Bogen allmählich erfolgt und in weitaus selteneren Fällen aufwärts sich krümmt, wie dies auch Hofmeister[1]) beobachtet hat.

Durch meine Untersuchungen hat sich ferner herausgestellt, dass die der Aufwärtskrümmung fähige Zone nur um ein sehr geringes hinter der Stelle gelegen ist, wo sonst die Abwärtskrümmung erfolgt, doch immer noch da, wo die Zellen der Wurzel in Streckung begriffen

[1]) Pringsh. Jahrb. III. 1863. p. 90.

sind, dass sie nicht selten sogar, wie bei Mais, mit dieser höchst wahrscheinlich zusammentrifft.

An einer solchen Aufwärtskrümmungsstelle übertreffen die Zellen der unteren convexen Kante in ihren Dimensionen die der oberen concaven, und es liegt kein Grund ob, daran zu zweifeln, dass die Ursache einer solchen Aufwärtskrümmung der Wurzel die nämliche ist, wie die der Abwärtskrümmung unter anderen Umständen.

In den Bereich dieser Erklärung gehören auch die verschiedenen, bereits oben angeführten Resultate, die Hofmeister und Frank erzielt haben, indem sie Wurzeln auf einer horizontalen Fläche wachsen liessen; ich habe mich vielfach überzeugt, dass wenn die Fläche, auf der die Wurzel horizontal aufliegt, nicht nass ist, diese stets sich im Sinne Frank's d. h. ohne vorhergegangene Hebung der Spitze abwärts zu krümmen sucht und dadurch einen nach oben convexen Bogen bildet; ist die Fläche aber hinreichend nass, so krümmt sich, aus den angeführten Gründen, zunächst die Wurzelspitze aufwärts, und erst dann, wenn die krümmungsfähige Stelle nicht mehr mit Wasser in Berührung ist und die nach unten diffundirenden schwereren Säfte nicht hinreichend verdünnt werden, krümmt sich die Wurzel abwärts. Dass aber gerade der erstere Vorgang der gewöhnliche und nicht, wie Hofmeister will, der abnorme und nur durch verkümmerte Entwickelung [1]) hervorgerufen ist, zeigt sich schon daraus, dass die unter gewöhnlichen Umständen im Freien sich entwickelnde Wurzel, wohl in den wenigsten Fällen eine so hohe Temperatur (+ 23° C.) und reichliche hauptsächlich einseitige Benetzung, was Hofmeister [2]) als normal annimmt, antrifft. —

Auf die nämliche Weise wie die Schwerkraft ruft auch die Schwungkraft die Krümmung einer Wurzel hervor.

Nach dem bekannten physikalischen Versuche ordnen sich Flüssigkeiten von verschiedenem specifischen Gewicht in einer in rasche Rotation versetzten Röhre in Folge der Centrifugalkraft dergestalt, dass die dichtesten und schwersten am meisten nach Aussen, die leichteren nach Innen zu liegen kommen. Es ist daher auch anzunehmen, dass in einer der Rotation ausgesetzten Wurzel sich die concentrirteren Säfte an der von der Drehungsachse abgewendeten, die verdünnteren an der ihr zugewendeten Kante der Wurzel anhäufen werden, was, wie wir eben gesehen haben, eine Krümmung in der Richtung der Schwungkraft bedingen muss.

---

[1]) Bot. Zeitung 1869. Sp. 92.

[2]) A. a. O. Sp. 92 ff.

Dass aber in den oben beschriebenen Versuchen, wo das Rad, an dem die Samen zum Keimen angebracht sind, um eine nahezu horizontale Achse so langsam sich dreht, dass die Schwungkraft nicht zur Geltung kommt, und nur in jedem Augenblicke die Stellung des Keimlings zu der Normalen geändert wird, die Wurzel parallel mit der Rotationsachse wächst, erklärt sich daraus, dass nur dann, wenn die Wurzel parallel mit der Drehungsachse gerichtet ist, die Diffusion der Säfte nach allen peripherischen Zellreihen derselben gleichwerthig sein kann, und sie diese Stellung in Folge dessen aus den oben erörterten Gründen einzunehmen genöthigt ist.

Unsere Versuche haben die merkwürdige Erscheinung constatirt, dass die Abwärtskrümmung der Wurzel nur dann stattfindet, wenn die Wurzelspitze unverletzt ist, dass aber mit der Entfernung derselben die Fähigkeit zur Krümmung abwärts aufgehoben wird. Nun ist aber klar und durch die mikroskopische Beobachtung leicht zu erweisen, dass der in steter Zellvermehrung begriffene Bildungsherd an der Wurzelspitze eine grosse Menge Protoplasma, dagegen die nach allen Dimensionen wachsenden Zellen der Verlängerungszone der Wurzel einen sehr wasserreichen Zellinhalt verbrauchen, was beides in den nach unserer Methode angestellten Keimversuchen ausschliesslich aus den Cotyledonen herstammen und im Leitbündel zugeführt werden muss. Ist dagegen der Vegetationskegel entfernt, so hört die Entstehung neuer Zellen an der Spitze der Wurzel und der diesem Vorgange entsprechende Verbrauch von Protoplasma, sowie natürlich auch der Zuleitungsstrom desselben im Leitbündel auf, es wird daher mit dem Abschneiden der Wurzelspitze auch die Ursache entfernt, welche in dem wachsenden Wurzelstücke die Anhäufung von Flüssigkeiten verschiedener Dichtigkeit bewirkt, und es ist demnach nicht zu verwundern, dass in einem solchen Falle die Abwärtskrümmung unterbleibt, da dieselbe nach unserer Auffassung nur das Resultat der Anordnung von Bildungssäften nach ihrem specifischen Gewichte ist. —

Aus den in unserer Arbeit auseinandergesetzten Versuchen ergeben sich folgende Sätze:

1) Bei Keimlingen kann man das normale Wachsthum in einer mit Wasserdampf gesättigten Luft beobachten, wenn man die Cotyledonen oder den Eiweisskörper beständig feucht erhält, ohne dass die Wurzel selbst in Wasser oder feuchten Boden eingesenkt zu sein braucht.

Das Wachsthum der Wurzel hört jedoch auf, sobald die Reservestoffe des Samens erschöpft sind.

2) Das Längenwachsthum der Wurzel findet ausschliesslich in einer verhältnissmässig kleinen Zone hinter der Spitze statt.

3) Die Abwärtskrümmung der Wurzel erfolgt an der Stelle, wo das Längenwachsthum der Zellen sein Maximum erreicht.

4) Die Schwerkraft ruft die Abwärtskrümmung hervor.

5) Die Krümmung der Wurzel ist keine passive, sondern eine active, d. h. die Schwerkraft ruft in der Wurzel, sobald sie nicht in der Richtung der Normale steht, eine Gewebespannung hervor, welche dann ihre Abwärtskrümmung bewirkt.

6) Diese in der Wurzel ausgelöste Gewebespannung beruht auf dem stärkeren Wachsthum derjenigen Zellen, die an der dem Zenith zugekehrten Hälfte der Wurzel liegen.

7) Das günstigere Wachsthum der Zellen dieser Hälfte wird dadurch bedingt, dass der Zellinhalt in der oberen, dem Zenith zugekehrten Seite der Wurzel weit minder concentrirt ist, als in der unteren, dem Nadir zugekehrten Hälfte; was wiederum davon abhängt, dass die concentrirten Säfte, als die schwereren sich nach dem Gesetze der Schwere auf der Unterseite der Wurzel ansammeln.

8) Wird die äusserste Spitze (Vegetationskegel oder Bildungsherd) einer Wurzel abgeschnitten, so wächst diese durch Streckung ihrer Gewebe zwar weiter, ist aber einer Krümmung abwärts nicht mehr fähig.

9) Bildet sich jedoch nach einiger Zeit — was unter Umständen stattfindet — ein neuer Bildungsherd an der jetzigen Wurzelspitze und verlängert sich in Folge dessen an der Schnittfläche die Wurzel weiter, so ist sie auch wieder der Krümmung abwärts fähig.

10) Die Schwungkraft bedingt in analoger Weise und aus analogen Ursachen die Krümmung der Wurzel in der Richtung der Centrifugalkraft, wie die Schwerkraft in derjenigen der Lothlinie.

Figuren-Erklärung.

Tafel I.

Fig. I. Curven zur Darstellung der Zuwachsintensität der Wurzeln von Pisum Vicia, Lens, wobei die Zeit constant (20 h.) genommen ist; die Länge der Abscissen in der Richtung von A. nach X. entspricht der Grösse des markirten Wurzelstückes von der Spitze aufwärts; die Coordinaten entsprechen der Grösse des Zuwachses des entsprechenden Wurzelstückes nach 20stündigem Wachsthum. (Zu Seite 3.)

Fig. II^{a}. Eine ursprünglich gerade und in Abständen von 0,5 mm. graduirte Wurzel der Erbse in der Richtung aufwärts aufgestellt (α), dann in der Zone des grössten Wachsthums zwischen 3,5 und 4 mm. abwärts gekrümmt. (Zu Seite 4.)

Fig. II^{b}. Eine gerade, senkrecht abwärts gewachsene und in Abständen von 0,5 mm. graduirte Erbsenwurzel, deren äusserste Spitze (Sp.) abgeschnitten, wurde in horizontaler Stellung befestigt; die Wurzel verlängert sich beträchtlich, ist aber einer Abwärtskrümmung unfähig. (Zu Seite 21.)

Fig. II^{c}. Eine auf gleiche Weise (wie II^{b}) behandelte Erbsenwurzel; sie hatte zunächst sich ebenfalls gerade weiter entwickelt; nach 3 Tagen brach aber aus der Schnittfläche (sf) eine neue Wurzelspitze (nws) hervor, die dann der Schwere folgend sich abwärts krümmte. (Zu Seite 21.)

Fig. III. versinnlicht den auf Seite 8 beschriebenen Apparat, wo das Wasserrad (wr) bei seiner Umdrehung mittelst der in den Pendelschlitz (psch) des um die Achse (a) drehbaren Pendels (p) eingreifenden Kurbel (k) das Pendel in eine schnelle Schwingung versetzte. Oben am Pendel befindet sich der Glaskolben (glk), in dem die Samen zum Wachsen angebracht waren.

Fig. IV. stellt die in Fig. 2[a] mit sg bezeichnete Stelle eines senkrecht zu der Krümmungsebene dieser Wurzel geführten Schnittes dar; (ep) Epidermis, (rp) Rindenparenchym, (gbs) Gefässbündelscheide, (lzb) Leitzellbündel, (h) Holzzellen, (g) Gefässe. (Zu Seite 17.) Die Zellen der dem Nadir zugekehrten Wurzelhälfte sind kleiner als diejenigen der dem Zenithe zugewendeten; auch sind die Zellreihen der oberen Kante (b) regelmässig gespannt, während die der unteren in ihrer Anordnung gestört und Falten (a) bilden. (Vergl. Seite 18.) Der Inhalt der unteren Zellschichten der Wurzel ist viel dichter als derjenige der oberen. (Vergl. Seite 24.)

Fig. V. Eine Wurzel von Zea Mays, die zunächst in der Lage a. an die Wasseroberfläche (wo) angelangt, sich in Richtung von b. aufwärtskrümmte, dann wiederum in der Richtung von c. abwärts, in jener von d. aufwärts, und 16 Mal hintereinander dergleichen Krümmungen ausführte; die Adventivwurzeln wurden bald bei ihrem Hervorbrechen abgeschnitten. (Vergl. Seite 25.)

Ueber die Lage und die Richtung schwimmender und submerser Pflanzentheile.

Von

Dr. A. B. Frank.

I. Schwimmende Pflanzentheile.

Die Erscheinung, dass die Blätter gewisser Wasserpflanzen ihre natürliche Lage auf der Oberfläche des Wassers haben, scheint auf den ersten Blick sich hinlänglich zu erklären aus dem Umstande, dass sie specifisch leichter sind als Wasser, und aus der Annahme, dass die Blattflächen, wie in zahlreichen anderen Fällen, einen Heliotropismus besitzen, der ihre horizontale Lage zur Folge hat. Das Folgende wird zeigen, dass dieses allein zur Erklärung nicht hinreicht.

Wenn man Wasserpflanzen mit Schwimmblättern in Gewässern verschiedener Tiefe beobachtet, so überzeugt man sich, dass jedes Blatt mehrerer Mittel bedarf, um seine Lamina in natürliche Lage auf der Oberfläche des Wassers zu versetzen. Diese Lage ist nämlich erstens bedingt durch das Maass des Längenwachsthums des Stieles, welches allemal mindestens gleichkommen muss der Entfernung des Wasserspiegels von dem Befestigungspunkte der Blattbasis; zweitens durch die Richtung des Stieles, welche gegeben ist in seiner Gestalt und in dem Winkel, den er mit dem Tragsprosse bildet, und endlich durch den Winkel, in welchem die Lamina jeweils dem Stiele angefügt ist. Jedes Blatt richtet sich mit diesen Mitteln seinem Bedürfnisse entsprechend ein, und zwar wird von dieser Fähigkeit Gebrauch gemacht, sowohl wenn die einzelnen Blätter hinsichtlich der Insertionspunkte und des Alters in von einander abweichenden Verhältnissen zum Niveau sich befinden, als auch wenn die Tiefe des ganzen Gewässers zufällig sich ändert. Es muss daher ein dankbarer Gegenstand sein, die Art und Weise wie jene Mittel angewendet werden, zu ermitteln und nach den Ursachen zu forschen, die diesen Erscheinungen zu Grunde liegen.

1. Das Wachsthum des Stieles.

Wasserpflanzen, welche mit einem Rhizome auf dem Grunde der Gewässer befestigt sind und ihre Schwimmblätter auf dem Niveau ausbreiten, wie *Nymphaea alba* und *Nuphar luteum*, haben, wenn sie in ruhigen Gewässern wachsen, Blattstiele, deren Längen immer ungefähr der Tiefe des Wassers gleichkommen. In seichten Pfützen und seichten Teichstellen sind die Stiele auffallend kurz, in tiefen Teichen äusserst lang. Bei den gegebenen Verhältnissen ist die Fähigkeit der Pflanze, das Wachsthum der Stiele hiernach zu reguliren, unentbehrlich, um den Blattflächen in jedem Falle ihre natürliche Lage zu ermöglichen.

Wasserpflanzen, die nicht auf dem Grunde befestigt sind, sondern im Wasser frei schweben, wie *Hydrocharis morsus ranae*, halten sich immer, während die Blattflächen schwimmen, nahe unter der Oberfläche, steigen und fallen mit dieser. Gleichwohl bedürfen auch sie der eben bezeichneten Fähigkeit; zunächst desshalb, weil die Entfernung zwischen den schon vorhandenen schwimmenden Blattflächen und dem Stocke eine gegebene ist, nach welcher sich die Verlängerung des Stieles der später erscheinenden Blätter richten muss, wenn diese ebenfalls schwimmend werden sollen. Auch kommt *Hydrocharis* unter gewöhnlichen Umständen oft in die Lage, wo sie jenes Mittels bedarf. Bisweilen wächst sie an Stellen, wo das Wasser nur seicht den Boden überzieht, und wo die Tiefe desselben nicht entfernt der sonst gewöhnlichen Länge der Blattstiele entspricht, indem der Stock dicht unterhalb des Wasserspiegels liegen muss. Hier sind nun auch die Blattstiele auffallend kurz: während dieselben für gewöhnlich 60 bis 80 Mm. lang sind, erreichen sie hier oft nur eine Länge von kaum 20, ja 10 Mm. Ueberdies wird das Folgende zeigen, dass unsere Pflanze, wenn man sie künstlich auf dem Boden tiefen Wassers fixirt, sich ebenso verhält wie die von Natur auf dem Wassergrunde befestigten. Aus diesem Grunde, und weil *Hydrocharis* ein besonders geeignetes Versuchsobject ist, habe ich an ihr eine Reihe Versuche angestellt, welche die Beantwortung der aufgeworfenen Fragen zum Zwecke haben.

Zunächst war zu constatiren, dass ein und dasselbe Individuum in seinen Einrichtungen nicht von vornherein für bestimmte Tiefenverhältnisse prädestinirt ist, sondern dass es die Fähigkeit besitzt, zu irgend einer Zeit während seiner Entwickelung zufällig eingetretenen Veränderungen sich wiederum zu accommodiren.

Accommodation nach Versetzen in grössere Tiefen. Ich

brachte in hohe Glasgefässe, die mit Wasser gefüllt waren, aus Teichen genommene normale *Hydrocharis,* die noch im Austreiben ihrer Blätter begriffen war, indem ich die Pflanzen an schwere Körper dergestalt befestigte, dass wenn letztere auf dem Boden des Gefässes lagen, jene ganz submers waren und die Ebene der Blätterrosette ein beträchtliches Stück unter dem Wasserspiegel sich befand. Die Befestigung mittelst eines Fadens gestattete der Pflanze auch hier ihre hydrostatische Gleichgewichtslage anzunehmen, bei welcher die Rosette unter Wasser ebenfalls horizontale Richtung behielt. Der Erfolg bestand allemal zunächst darin, dass die Ebene der Blätterrosette nach kurzer Zeit ihre Gleichmässigkeit verlor. Die Stiele der vorhandenen fertigen Blätter wuchsen noch etwas, aber hielten nicht gleichen Schritt: die ältesten verlängerten sich gar nicht oder nur sehr wenig; je jünger aber das Blatt war, desto erheblicher wurde diese Verlängerung, und so kamen die Blattflächen aus der gemeinsamen Horizontalebene, die sie bis dahin schon seit einiger Zeit eingenommen hatten. Keines, auch nicht das jüngste der am Anfange des Versuches fertigen Blätter erreichte aber den Wasserspiegel, wenn die Versenkung nur einigermassen beträchtlich war. Die nun neu hervorkommenden Blätter schossen rasch auf; das erste erreichte aber auch in der Regel das Niveau noch nicht, wenngleich es länger wurde als das vorhergehende. Jedes nächstfolgende Blatt beschleunigte aber sein Wachsthum immer mehr und erreichte immer grössere Länge, so dass nun in der Regel das zweite oder dritte der während des Versuches neu hervorgetretenen Blätter mit seiner Lamina auf dem Wasserspiegel erschien. Die darauf folgenden Blätter kamen nun alle bis auf die Oberfläche, und so wurden von nun an wieder nahezu gleiche Blattstiellängen erreicht. Die alten submers gebliebenen Blätter erhielten sich lange lebendig; später starben sie, wie es überhaupt immer mit den ältesten zu geschehen pflegt, in der Reihenfolge ihres Alters ab. Ein Bild von diesen Vorgängen mögen die nachstehenden Protokolle einiger aus einer grösseren Zahl herausgegriffener Versuche geben.

A.

Abstand der Terminalknospe vom Niveau = 139 Mm., desgl. der Blätterebene = 110 Mm., Stiellänge eines jeden der beiden jüngsten ausgebildeten Blätter (A und B) = 29 Mm.

2. Tag. Stiel A = 29 Mm., Stiel B = 37 Mm. Ein neues Blatt C in Streckung begriffen, seine Lamina bereits höher als die von A und B.

4. Tag. Stiel A = 30 Mm., Stiel B = 40 Mm., Stiel C = 61 Mm. Ein neues Blatt D tritt auf.

11. Tag. Stiel A = 30 Mm., Stiel B = 44 Mm., Stiel C = 66 Mm., Stiel D = 139 Mm. mit schwimmender Lamina. Ein neues Blatt E im Aufwachsen begriffen.

14. Tag. Ebenso. Stiel E = 139 Mm. mit schwimmender Lamina.

B.

Abstand der Terminalknospe vom Niveau = 110 Mm., desgl. der Blätterebene = 82 Mm. Stiellänge der drei jüngsten ausgebildeten Blätter (A, B und C) durchschnittlich = 28 Mm.

3. Tag. Stiel A = 28 Mm., Stiel B = 33 Mm., Stiel C = 37 Mm. Ein neues Blatt D ist entwickelt, sein Stiel 44 Mm.

6. Tag. Stiel A = 28 Mm., Stiel B = 33 Mm., Stiel C = 37 Mm., Stiel D = 55 Mm. Ein neues Blatt E schiesst auf.

13. Tag. Stiel A = 28 Mm., Stiel B = 33 Mm., Stiel C = 37 Mm., Stiel D = 55 Mm., Stiel E = 85 Mm. Ein neues Blatt F tritt aus der Knospe.

18. Tag. Ebenso. Stiel F = 115 Mm. mit schwimmender Lamina.

22. Tag. Ebenso. Ein neues Blatt G tritt aus der Knospe.

25. Tag. Ebenso. Stiel G = 110 Mm. mit schwimmender Lamina.

Accommodation nach Versetzen in geringere Tiefen. Aus Teichen genommene *Hydrocharis* mit normalen ziemlich langen Blättern wurde in eine flache Schale mit Wasser gesetzt, so dass der Wasserspiegel nur bis an die Terminalknospe reichte. Die vorhandenen fertigen Blätter ragten dabei natürlich weit aus dem Wasser hervor, neigten aber wegen Schlaffheit zum Theil mit der Blattfläche in's Wasser nieder. Die nun hervorkommenden neuen Blätter bogen sich alsbald mit ihren Stielen rückwärts, wodurch den Blattflächen die Lage auf dem Wasserspiegel gestattet wurde. Ueberdies blieben die Stiele ungewöhnlich kurz: während z. B. das vorhergehende unter normalen Verhältnissen gebildete Blatt einen 79 Mm. langen Stiel hatte, wurde derselbe an dem nächsten im seichten Wasser ausgetriebenen Blatte nur 23 Mm., am folgenden 19,5 Mm. lang. Noch grössere Contraste wurden erzielt, als ich ein Individuum, welches bis dahin künstlich in ungewöhnlich tiefer Versenkung gehalten worden war und hier seine jüngsten Blätter wieder auf das Niveau gebracht hatte bei 110 Mm. Stiellänge, in eine flache Schale mit Wasser setzte, wo der Wasserspiegel dicht über der Terminal-

knospe lag. Das jetzt hervorkommende nächste Blatt liess seinen Stiel nur auf 15 Mm. Länge heranwachsen, wobei die Lamina vollständig auf der Oberfläche des Wassers sich ausbreiten konnte.

Der Wachsthumsgang des Hydrocharisblattstieles überhaupt. Es entsteht zunächst die Frage, nach welcher Regel überhaupt das Longitudinalwachsthum der Blattstiele der *Hydrocharis* erfolgt, und in welcher Beziehung dieselbe zu den verschiedenen Effecten steht, die bei verschiedener Tiefe der Pflanze an den Stiellängen hervortreten. Um dies zu beantworten, setzte ich normal entwickelte *Hydrocharis* in gewöhnlicher schwimmender Lage auf hinreichend tiefes Wasser und brachte an den Stielen der jungen aus der Knospe hervorgetretenen Blätter, wenn diese ihre lebhafte Längsstreckung begannen, Quertheilungen an in Gestalt von Marken, die mit schwarzem Lack aufgetragen wurden, so zwar, dass der Stiel halbirt und die obere Hälfte nochmals halbgetheilt wurde. Während der nun folgenden kräftigen Streckung, welche fortdauert, bis die Laminae das Niveau erreicht haben, rücken die Marken proportional auseinander, so dass sie schliesslich an den weit länger gewordenen Stielen noch immer die Mitte und das obere Viertel einnehmen; seltener kommt es vor, dass das erste der beiden oberen Viertel ein wenig länger ist als das darüberstehende. Hierauf gehen die Verlängerungen eine Zeit lang, aber ungleich schwächer weiter; die Blattflächen erhalten sich dabei immer schwimmend, was dadurch möglich wird, dass die Stiele sich allmählich etwas schräger nach aussen stellen. Bei diesen letzten Streckungen ergiebt sich aber ein anderes Bild der Theilungen des Stieles, was allemal wiederkehrt und durch folgendes Beispiel charakterisirt werden kann. Der Stiel hatte, als die Lamina auf dem Niveau erschienen war, eine Länge von 50 Mm. erreicht und zeigte seine Marken noch in den proportionalen Distanzen wie Anfangs; die Abschnitte von unten nach oben hatten also Längen von 25 Mm., 12,5 Mm., 12,5 Mm. Nach 13 Tagen, während welcher Zeit schon mehrere neue Blätter fertig geworden waren, mass jener Stiel 56,5 Mm. und die drei Theile in derselben Reihenfolge waren dabei 26 Mm., 15,25 Mm., 15,25 Mm. lang geworden. Dieses giebt eine procentische Verlängerung der drei Theile in der gleichen Zeit während des letzten Wachsthumes um 4%, 22% und 22%.

Ferner brachte ich ebensolche Marken an den Blattstielen künstlich versenkt gehaltener Individuen an, zur Zeit, wo die Blätter noch kurz waren. Ein Stiel, der 22 Mm. lang war, als er die Theilstriche erhielt, zeigte bei 63 Mm. Länge, wobei die Lamina die Oberfläche

noch nicht erreicht hatte, die Marken noch immer ziemlich genau in proportionalen Entfernungen zu $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$ und $\frac{1}{4}$. Darauf ging die Verlängerung noch weiter fort, nun aber wiederum unter vorherrschender Streckung der oberen Regionen. Es betrugen nämlich, als der Stiel, ohne dass die Lamina schwimmend geworden war, sein Wachsthum bei einer Länge von 73 Mm. eingestellt hatte, die Theilstücke von unten nach oben 32 Mm., 19,5 Mm. und 22,5 Mm. Dies ergiebt also seit der vorigen Messung eine Streckung der drei Theile um 1,6%, 11,5% und 60,7%. Ein anderes ebenso getheiltes Blatt, welches aber aus tiefer Versenkung schliesslich seine Lamina bis auf den Wasserspiegel heraufbrachte, hatte noch bei einer Länge von 70 Mm. seine Theilstriche in proportionalen Abständen. Die weitere Verlängerung, die bis zum Erscheinen der Lamina auf dem Niveau fortdauerte, geschah nun wiederum unter vorherrschender Streckung der obersten Theile, denn es betrugen schliesslich bei einer Gesammtlänge des Stieles von 93 Mm. die Distanzen der Marken von unten nach oben 42,5 Mm., 21,5 Mm. und 29 Mm., was einen procentischen Zuwachs während der Schlussperiode der Streckung von 21,4, 22,9 und 65,7 bedeutet.

Endlich wurden auch Pflanzen in ganz seichtes Wasser gebracht und die eben erschienenen Blattstiele in der nämlichen Weise mit Marken versehen. So mass z. B. ein solcher Stiel um diese Zeit 21 Mm., seine Theilstücke also zunächst 10,5, 5,2 und 5,2 Mm. Als seine Lamina alsbald auf dem Niveau ausgebreitet war, betrug die Länge des ganzen Stieles 28 Mm. und die seiner Theilstücke in derselben Reihenfolge 13,5, 7,2 und 7,2 Mm. Es war also bis jetzt die Streckung überall noch mit gleicher Intensität erfolgt. Nach einiger Zeit war der Stiel noch bis auf 31 Mm. und seine Theilstücke auf 15, 8 und 8 Mm. Länge gewachsen, und in einem letzten Stadium wurde eine Gesammtlänge von 32 Mm. mit Theillängen von 15, 8,2 und 8,8 Mm. gefunden. Die Lamina hatte sich während dieser Zeit immer schwimmend gehalten. Von der Zeit an, da die Blattfläche auf dem Niveau sich ausgebreitet hatte, bis zum Abschlusse des Wachsthumes waren also die Theile länger geworden um 10, 12,2 und 18,2%; und von der vorletzten Messung bis zur letzten um 0, 2,4 und 9,1%.

Aus Vorstehendem geht erstens hervor, dass die Streckung des Blattstieles der *Hydrocharis* bis zu einem vorgerückten Stadium auf der ganzen Länge in gleichem Schritte erfolgt. Zweitens ergiebt sich, dass zwar unter allen Umständen, mag das Blatt je nach den Distanzen seiner Basis vom Wasserspiegel eine gewöhnliche mittlere oder eine excessiv grosse oder abnorm geringe Länge annehmen, im

Schlussstadium der Stielstreckung die acropetale Hälfte, und insbesondere das obere Endstück des Stieles allein oder doch relativ am energischsten im Wachsthume fortfährt. Indessen ist aus den obigen Zahlen ersichtlich, wie doch in dem Antheile, welchen diese stärkere Streckung des Endstückes an der Gesammtlänge des Stieles nimmt, je nach den Verhältnissen des Blattes zum Wasserspiegel, ein bemerklicher Unterschied zu Tage tritt. Der Blattstiel des in gewöhnlicher Weise schwimmenden Individuums hatte eine Gesammtlänge von 56,5 Mm. erreicht; sein oberes Viertel hätte mithin bei gleichmässiger Streckung aller Theile 14,1 Mm. lang werden müssen, war aber auf 15,25 herangewachsen, mithin um 1,15 Mm. gefördert worden. Und bei dem gemessenen Blatte des in ganz seichtem Wasser gehaltenenen Individuums, wo bei einer Gesammtlänge von 32 Mm. das acropetale Viertel statt 8 Mm. 8,8 Mm. lang wurde, betrug diese Förderung 0,8 Mm. Reducirt man beide Zahlen auf gleiche Längen, so ergiebt sich für das erstere Blatt 2,0%, für das zweite 2,5%, d. h. der Antheil, den die stärkere Streckung des Endstückes an der Gesammtlänge des Stieles hat, ist offenbar in beiden Fällen ein annähernd gleicher. Dagegen war das obere Viertel des aus tiefer Versenkung nach dem Wasserspiegel gewachsenen Blattstieles bei einer Stiellänge von 93 Mm. statt 23,2 Mm., wie es bei allenthalben gleicher Streckung hätte sein müssen, 29 Mm. lang geworden, was eine Förderung um 5,8 Mm. oder um 6,2% ergiebt. Wenn also das Blatt aus tiefer Versenkung vermittelst kräftiger Streckung bis an die Oberfläche heraufwächst, so ist der Antheil, welchen die regelmässig zuletzt eintretende relative Förderung des Wachsthumes im oberen Endstücke an der ganzen Länge des Stieles hat, ein ungleich grösserer als unter anderen Verhältnissen.

Damit ist aber durchaus nicht gesagt, dass die ungewöhnliche Streckung der Stiele bei tiefer Versenkung allein zurückzuführen sei auf die erhöhte Förderung des Wachsthumes im acropetalen Ende. Denn wenn wir die Zahlen, welche in jenen drei Fällen diese Förderung ausdrücken, 1,15, 0,8 und 5,8 Mm. vergleichen mit den zugehörigen ganzen Stiellängen 56,5, 32 und 93 Mm., so springt in die Augen, dass sie nicht entfernt ausreichen um die Unterschiede dieser drei letzten Zahlen zu erzeugen. Mit anderen Worten: bei der grösseren oder geringeren Streckung, welche der Blattstiel je nach den Tiefenverhältnissen zu vollziehen hat, um die Blattfläche auf den Wasserspiegel zu erheben, ist das Mass des Gesammtwachsthumes des Stieles in allen Theilen ein entsprechend erhöhtes oder gemindertes. Zugleich stellt sich aber nach Obigem heraus, dass

die Stiele tief versenkter Pflanzen in der zuletzt noch längere Zeit allein oder überwiegend fortdauernden Streckung der acropetalen Endstücke ein Mittel haben, um den erstrebten Effect der Erhebung der Lamina auf den Wasserspiegel, wenn schon eher die Gesammtstreckung des Stieles ihre natürliche Endschaft erreicht hat, doch noch zuletzt hervorbringen zu können.

Beziehung des Stielwachsthumes zu äusseren Einflüssen. Aus dem Vorhergehenden ergiebt sich, dass die *Hydrocharis*-blattstiele unter sonst normalen Verhältnissen lediglich durch den Umstand, dass ihre Lamina gänzlich von Wasser umspült oder mit Luft in Berührung steht, zu einem lange dauernden und lebhaften Längenwachsthume angeregt oder zu einer Beschränkung und vorzeitigen Abkürzung desselben veranlasst werden. Sonst ist man im Pflanzenreiche gewöhnt, ein besonders hohes oder geringes Mass von Streckung in die Länge wachsender Organe, zumal der Blattstiele, als Folge der Einwirkung von Dunkelheit oder Beleuchtung eintreten zu sehen. Es gewinnt daher hier auch noch die Frage Interesse, wie sich das Wachsthum der *Hydrocharis*blattstiele im Dunkeln bei bestimmten Tiefen des Wassers gestaltet. Wenn man unsere Pflanze in constante Dunkelheit versetzt, so geschieht es bisweilen, dass, ohne dass dieselbe abstirbt, jegliches Wachsthum eingestellt wird, vermuthlich weil bei diesen Gewächsen Assimilation und Verbrauch des Assimilirten sehr rasch einander folgen. Oft aber gehen Wachsthum und Neubildungen auch noch eine Zeit lang fort. In diesem Falle bleibt die *Hydrocharis* schwimmend, indem ihre bis dahin fertigen Blätter die horizontale Lage der Blattflächen auf dem Wasserspiegel unverändert beibehalten. Aber auch die neu hervortretenden Blätter wachsen nur bis an das Niveau herauf und breiten ihre Lamina ebenfalls auf diesem aus. Nur wird oft durch den Mangel des Lichtes die Aufrollung und die definitive Horizontalrichtung der Lamina erschwert und verzögert: es kommt vor, dass die Blattfläche zunächst noch halb zusammengerollt aus dem Wasser in schiefer Richtung hervortaucht. Aber sobald die träge Aufrollung vollendet ist, und sie wird es auch in der Dunkelheit, legt sich die Lamina in natürliche Lage auf das Niveau; der Stiel wächst nicht stärker in die Länge, als seine im Lichte gebildeten Vorgänger. Die Wirkung der Dunkelheit beschränkt sich hier nur auf eine Verkleinerung der Blattfläche und auf die Etiolirung der Chlorophyllkörner. Somit ist hier die Streckung des Stieles von Beleuchtungsverhältnissen ganz unabhängig: es vermögen die Stiele eine an das Etiolement bei anderen Pflanzen erinnernde ungewöhnlich starke

Streckung bei voller Beleuchtung anzunehmen, sobald sie nur tief im Wasser stehen, und andererseits wiederum im Dunkeln das Längenwachsthum auf ein ungewöhnlich geringes Mass zu reduciren, wenn der Wasserspiegel nahe über der Knospe sich befindet.

Die bisherigen Ergebnisse berechtigen nun aber noch immer nicht zu dem allerdings nahe liegenden Urtheile, dass es bei der Bemessung des Stielwachsthumes unserer Pflanze lediglich auf den Umstand ankommt, ob die Lamina an ihrer Oberseite an Luft oder an Wasser grenzt. Denn wenn ein *Hydrocharis*blatt ein Stück unterhalb des Wasserniveaus sich befindet, so ist die blosse Benetzung der Oberseite nicht die einzige Veränderung in den äusseren Verhältnissen, der das Blatt jetzt unterliegt. Es ist ja auch der Druck, der auf den Oberflächen des Blattes lastet, bei Versenkung desselben grösser als bei oberflächlicher Lage, nämlich immer um das Gewicht der Wassersäule, welche zwischen ihm und dem Wasserspiegel steht. Bei der Dünne der Lamina kann man ohne Fehler annehmen, dass der Oberflächendruck auf beiden Seiten derselben ein gleicher ist: er würde also bei schwimmenden Blättern gerade gleich sein dem Drucke der Atmosphäre, bei versenkten diesem plus dem Gewichte der über ihnen stehenden Wassersäule. Wenn es sich um die Frage handelt, ob eine Empfindlichkeit für diese Verhältnisse massgebend bei dem Wachsthume der Blattstiele ist, so ist zunächst zu beachten, dass die Pflanze diesen Verhältnissen gegenüber in einer zwiefachen Lage sich befinden kann. Denken wir uns eine tief versenkte Pflanze, die aber bereits schwimmende Blätter besitzt, so ist der Druck, welchem die letzteren ausgesetzt sind, ein ungleich schwächerer als derjenige, unter welchem sich die neu aus dem Stocke hervorkommenden tief versenkten Blätter befinden. Man begreift, dass unter diesen Gesichtspunkt auch die spontan wachsenden Pflanzen fallen, die nicht auf dem Grunde befestigt sind, wenn sie, wie in der Regel, so lange Stiele haben, dass die Knospe ein beträchtliches Stück unter dem Wasserspiegel liegt. In diesem Falle würde offenbar die *Hydrocharis* die Druckkräfte, denen beiderlei Blätter ausgesetzt sind, gegeneinander abmessen, vergleichen können; sie würde in dem constanten Drucke der schwimmenden Blätter einen Massstab haben, an welchem sie das allmähliche Gleichwerden des sich mindernden Oberflächendruckes an dem immer höher wachsenden neuen Blatte bemerken kann. Es lässt sich aber auch der andere Fall denken, dass die Pflanze mit allen ihren Gliedern tief submers sich befindet und dennoch, wie die obigen Versuche ja mehrfach erwiesen haben, mit ihren Blattstielen gerade bis ans Niveau hinaufwächst. Hier würde

ihr jener Massstab abgehen; sie wäre ja nicht im Stande mit irgend einem Gliede zu fühlen, wie stark jetzt gerade der atmosphärische Druck allein ist. Wollte man also die Empfindlichkeit für den Oberflächendruck der Blätter zur Erklärung benutzen, so würde man in diesem Falle genöthigt sein, entweder der Pflanze eine Erinnerung an früher gehabte Eindrücke zuzuschreiben, oder bei ihr eine Empfindung für absolute Druckgrössen vorauszusetzen, welche die Species ursprünglich durch Anpassung an die gegebenen gewöhnlichen Vegetationsverhältnisse sich erworben und durch Vererbung erhalten hat, und mittelst deren sie wenigstens ungewöhnlich grosser Abweichungen von den gewöhnlichen Druckgrössen inne wird.

Es handelt sich also darum, experimentell zu entscheiden, ob das Wachsthum der Blattstiele der *Hydrocharis* von den bezeichneten Druckverhältnissen abhängig ist, ob man also die gewöhnlichen Resultate auch dann erzielt, wenn nur die entsprechenden Druckkräfte auf die Blätter influiren, die Niveauverhältnisse aber andere sind. Das auf den ersten der vorstehend erörterten zwei Fälle bezügliche Experiment wurde in folgender Weise ausgeführt. Auf dem Boden eines geräumigen Glasgefässes befestigte ich ein mit zwei fertigen Blättern versehenes Individuum, welches bis dahin schwimmend vegetirt hatte, und füllte das Gefäss weit mit Wasser an, so dass die Pflanze tief submers sich befand. Zunächst liess ich derselben Zeit, wieder Schwimmblätter zu erzeugen. Nach 11 Tagen waren die Stiele der beiden schon vorhandenen ältesten Blätter 39 und 57, der des nächsten unterdessen fertig gewordenen Blattes 85 Mm. lang. Von diesen Blättern war keines auf dem Niveau erschienen. Dagegen hatte das vierte nun ebenfalls ausgebildete Blatt bei einer Stiellänge von 118 Mm. schwimmende Lage angenommen. Nun brachte ich eine Luft enthaltende Glasglocke unter das Wasser und befestigte sie, ihre Oeffnung nach unten gekehrt, so dass sie gerade über der Knospe stand und zwar mit ihrem unteren Rande in einer Entfernung von 69 Mm. von jener. Aus dem Gefässe wurde dann so viel Wasser weggenommen, dass die Oberfläche wieder 118 Mm. von dem Stocke der Pflanze entfernt war. Es waren somit dieser Pflanze zwei verschiedene Niveaus dargeboten: das für das schon vorhandene Schwimmblatt bestimmte, in einer Entfernung von 118 Mm., und das andere, auf welches das nächstfolgende Blatt beim Aufwachsen treffen musste, in einer Entfernung von nur 69 Mm. vom Grunde. In kurzer Zeit hatte nun das fünfte Blatt das Niveau in der Glasglocke erreicht: die Lamina legte sich, während sie bis dahin sehr schräg gestanden hatte, wie gewöhnlich genau horizontal auf das Wasser,

so dass die Oberseite nur von Luft benetzt wurde. Nach dem gewöhnlichen Hergange hätte man nun erwarten sollen, dass von jetzt ab das Wachsthum des Stieles eingestellt worden wäre oder doch sogleich in seiner Lebhaftigkeit bedeutend nachgelassen hätte. Dies war indessen nicht der Fall. Es muss jedoch erst bemerkt werden, dass das *Hydrocharis*blatt, wenn es an seiner Oberseite mit Luft in Berührung ist, solche vermöge seiner Vegetation sehr reichlich verzehrt. Während des 14tägigen Versuches würde die über 100 Cub.-Centim. fassende Glocke mehrmals entleert worden sein, wenn ich nicht in kurzen Zeiträumen durch Einblasen neuer Luft vermittelst einer gebogenen Glasröhre fortwährend dafür gesorgt hätte, dass die Glocke immer nahezu bis an den unteren Rand mit Luft gefüllt blieb. Auch jetzt noch fuhr der Stiel, gleich dem eines submers gehaltenen Blattes in seiner Streckung lebhaft fort. Eine Erhebung der Lamina über das Niveau war zwar hierbei aus mechanischen Gründen nicht möglich, indem sowohl das Gewicht derselben, als auch die Adhäsion ihrer Unterseite mit dem Wasserspiegel ihre dauernde Lage auf dem letzteren bedingten. Vielmehr nahm der Stiel eine fortwährend sich steigernde sehr beträchtliche Krümmung an, die nur zur Folge hatte, dass die Lamina in horizontaler Richtung auf dem Niveau verschoben wurde, weswegen auch das Gestell, an welchem auswendig die untergetauchte Glocke befestigt war, entsprechend verrückt werden musste, um der Blattfläche immer nachzufolgen. Die Streckung des Stieles nahm endlich so zu, dass derselbe sich ganz schief im Wasser legen musste, weil die Lamina die schwimmende Lage auf dem so niedrigen Wasserspiegel beibehielt. Inzwischen war auch wieder ein neues Blatt erschienen und hatte, da die Glocke nicht mehr senkrecht über dem Stocke stand, in gerader Richtung bis an das eigentliche Niveau hinaufwachsen müssen, wo die Lamina bereits schwimmend geworden war. Als jenes Blatt 14 Tage lang unter der Glocke sich befunden hatte, wurde die letztere wieder entfernt und der frühere hohe Wasserspiegel wieder hergestellt. Der Stiel des fünften Blattes konnte sich nun gerade richten und war hinreichend lang, um mit seiner Lamina sogleich bis an's Niveau zu reichen; so dass also auch dieses Blatt gerade ebenso schwimmen konnte wie das nächst älteste und nächst jüngste es thaten. Die nun sogleich vorgenommene Messung der Stiele ergab eine Länge für das vierte Blatt von 142 Mm., für das fünfte von 131 Mm., und für das sechste von 115 Mm. — Dieser Versuch beweist, dass der blosse Contact der Oberseite des Blattes mit Luft es wenigstens nicht allein ist, nach welchem das Blatt bei der Bemessung seiner

Längsstreckung sich richtet, sondern dass die Pflanze hierbei auch für Differenzen der auf die einzelnen Blätter wirkenden Wasserdruckkräfte empfindlich ist.

Wir kommen nun zu dem anderen Falle, wo die Pflanze mit keinem ihrer Blätter auf der wahren Oberfläche des Wassers sich befindet, wo ihr also ein constanter Massstab zur Vergleichung abgeht. Ich habe hier den vorigen Versuch so abgeändert, dass eine auf dem Boden des Gefässes tief submers fixirte Pflanze sogleich eine mit Luft gefüllte Glasglocke übergestürzt erhielt, in deren Raum alle Blätter hineinwachsen mussten. Das dazu verwendete Individuum hatte nur ein vollkommenes Blatt, welches noch ziemlich kurzgestielt war, und eben auf der Oberfläche des Wassers sich ausgebreitet hatte. Das Niveau unter der Glasglocke befand sich 45 Mm., und das obere Niveau der ganzen Flüssigkeit 101 Mm. über der Knospe. Bereits das erste Blatt erreichte alsbald den Wasserspiegel unter der Glocke, auf welchem es nun seine Lamina wie gewöhnlich vollkommene Schwimmlage annehmen liess. Auch hier zeigte sich sehr bald, dass die Streckung des Stieles noch lebhafter fortging als es sonst zu sein pflegt, sobald die Blattfläche schwimmend geworden ist: der Stiel begann, während die Lamina auf dem Niveau verblieb, eine stärker werdende Krümmung anzunehmen. Nach einiger Zeit erschien ein zweites Blatt und erreichte auch alsbald den Wasserspiegel. Dieses verhielt sich jenem gleich, und nach einiger Zeit, als die Streckung der beiden Stiele augenscheinlich zu Ende war, hatten dieselben, während die Flächen noch immer vollkommen schwimmend waren, sich sehr schief legen und stark krümmen müssen. Der Versuch wurde nun abgebrochen und die Länge des älteren Blattstieles zu 79 Mm., die des jüngeren zu 74 Mm. bestimmt. Diese Längen hätten nun freilich noch nicht hingereicht, um die Blattflächen auf das 104 Mm. über der Knospe stehende eigentliche Niveau zu versetzen; allein sie sind andererseits im Verhältniss zu der anderen Niveauentfernung von 45 Mm. so ungewöhnlich gross, dass man nicht verkennen kann, wie auch in diesem Falle der durch die Wassersäule von 59 Mm. Länge erzeugte Druck auf das Längenwachsthum der Stiele fördernd gewirkt hatte. Wie wir dieses Ergebniss zu deuten haben, dazu scheinen mir folgende anderweite Beobachtungen den Schlüssel zu geben. Bei allen bisherigen Versuchen sind Individuen verwendet worden, welche vorher einmal unter natürlichen Verhältnissen vegetirt hatten, und wenigstens ein Blatt besassen, welches mit der Lamina auf der Oberfläche seines Gewässers schwimmend gelegen hatte. Da nun, wie der vorige

Versuch zeigt, die Pflanze wirklich eine Empfindlichkeit für Differenzen des auf die Blätter wirkenden Druckes besitzt, so ist es immerhin denkbar, dass in Individuen der eben bezeichneten Art, wenn sie mit allen ihren Theilen versenkt werden, der Eindruck, welcher durch die bestimmte bisherige Druckkraft erzeugt wurde, sich noch eine Zeit lang erhält, und dass somit gewissermassen diese Erinnerung an einen gehabten Eindruck der Pflanze ebenfalls als Massstab dienen kann. Zur experimentellen Prüfung dieser Frage schienen mir die bekannten Ueberwinterungsknospen der *Hydrocharis* beim Beginne ihrer Vegetation im Frühjahre geeignet. Beim Austriebe dieser Knospen, welche den Winter über auf dem Grunde des Wassers liegen und im Frühjahre auf der Oberfläche schwimmend gefunden werden, erscheinen zuerst einige sehr unvollkommene Blätter, welche aus einem kurzen Stielchen und einem nur wenige Linien breiten Rudimente einer Blattfläche bestehen. Diese Organe sind chlorophyllarm, durch geröthete Zellsäfte ganz dunkel gefärbt und verrichten augenscheinlich nicht die von den später erscheinenden vollkommenen Blättern ausgeübte Function. Sie werden auch nicht in schwimmende Lage versetzt, sondern stehen gleichmässig ihrer Anlagerichtung entsprechend vom Grunde der Knospe ab, die um diese Zeit überhaupt noch keine bestimmte Lage auf dem Wasser einnimmt. Eine Anzahl Knospen in diesem Entwickelungszustande befestigte ich auf dem Boden eines hoch mit Wasser angefüllten Glasgefässes derart, dass ihre Spitzen nach oben gekehrt waren. Gleichzeitig befanden sich in einem anderen daneben stehenden Gefässe andere Knospen gleicher Art in natürlicher Lage auf der Wasseroberfläche. In beiden Fällen ging die Vegetation vor sich; während aber die letzteren Knospen in der gewöhnlichen Weise alsbald grüne Blätter mit längeren Stielen und schwimmender Fläche bekamen, so dass der Stock der Knospe tiefer in's Wasser sich senken musste, behielten in jenem Falle alle folgenden grünen Blätter äusserst kurze Stiele, so dass die Blattflächen rosettenartig dicht um einander standen, und die Pflänzchen ganz ähnlich denjenigen aussahen, welche am Rande der Gewässer an Stellen wachsen, von denen das Wasser zeitig zurückgetreten ist. Doch verrichteten auch diese Blätter ihre Function, wie man an der Ausscheidung von Gasblasen im Sonnenlichte bemerken konnte. Obgleich der Versuch lange so stehen blieb, trat doch auch späterhin keine Streckung der Blattstiele ein.

Nach der eben angeführten Reihe von Versuchen ist es unzweifelhaft, dass bei *Hydrocharis* eine Schätzung der verschiedenen Wasserdruckkräfte, welche auf zwei in verschiedenen Wasserhöhen

stehende Blätter oder auch auf ein und dasselbe Blatt hintereinander bei Versenkung nach schon erreichter Schwimmlage einwirken, stattfindet und dass diese Beurtheilung vorzugsweise das Mass der Längsstreckung der Stiele regulirt. Unter diesen Umständen drängt sich nun die anderweite Frage auf, ob unserer Pflanze auch ausserdem eine Beurtheilung über die luftförmige oder tropfbar flüssige Beschaffenheit des mit der Blattoberseite in Contact stehenden Mediums zusteht und auch diese Fähigkeit in gleichem Sinne der Pflanze einen Dienst leistet wie jene. Es ist daran zu erinnern, dass nach den Ergebnissen der letzten Versuchsreihe auch kein einziger der vorher angeführten Versuche mehr die Annahme einer Fähigkeit den Aggregatzustand des die Blattoberseite benetzenden Mediums zu beurtheilen erfordert. Man kann in jedem Falle sagen, dass die Pflanze nach dem ihr gleichzeitig gegebenen oder von früheren her ihr noch erhaltenen Eindrucke der bestimmten bei oberflächlicher Lage der Blattfläche erzeugten Druckkraft, die Längsstreckung ihrer Stiele so lange fortsetzt, bis der auf das Blatt wirkende Druck jenem gleich geworden ist.

Unser letzter Versuch aber zeigt sogar, dass die Pflanze sich gar nicht nach dem Aggregatzustande des Mediums zu richten vermag zu der Zeit, wo die ersten vollkommenen Blätter der Ueberwinterungsknospe hervorkommen, dass es hierbei vielmehr allein auf die Druckkräfte, denen die Blätter ausgesetzt sind, ankommt, indem wenn die Knospe in einer bestimmten Tiefe befestigt ist, alle folgenden Blätter ihre Stiele nicht stärker strecken als das erste Blatt.

Es ist daher nöthig die soeben aufgeworfene Frage ebenfalls durch ein Experiment zu beantworten. Haben wir in jenem Falle Gleichheit der die Oberseiten benetzenden Medien und Differenz der Druckkräfte in den Versuch einführen müssen, so bedarf es hier einer Gleichheit der Druckkräfte und einer Variabilität des Aggregatzustandes. Dieses Verhältniss glaubte ich nicht anders als dadurch herstellen zu können, dass ich für ein dauerndes Benetztsein der Oberseiten schwimmender Blätter Sorge trug. Bekanntlich ist diese Seite durch die Beschaffenheit ihrer Cuticula von Natur sehr wirkungsvoll vor jeder nur einigermassen dauernden Benetzung mit Wasser bei oberflächlicher Lage geschützt, indem dieses sich immer alsbald von der ganzen Oberfläche oder doch deren grösstem Theile zurückzieht, wobei der nierenförmige Ausschnitt der Lamina an der Stielinsertion, welcher der tiefste Punkt derselben ist, das Abfliessen des Wassers sichert. Um dauernde Benetzung bei schwimmender Lage zu erzielen, machte ich aus ganz dünnem Fliesspapier Ausschnitte, an Grösse

und Gestalt des Umfanges demjenigen des Versuchsblattes gleich, und legte dieselben dergestalt auf die Oberfläche des schwimmenden Blattes, dass diese vollständig bedeckt wurde. Da das Papier sich sogleich mit Wasser tränkt, so wurde auch zwischen ihm und der Blattoberfläche eine ganz dünne die letztere benetzende Wasserschicht gebildet. Es war beim Auflegen sehr leicht, die Anwesenheit jeder zufälligen Luftblase unter dem Papiere zu vermeiden; auch später bildeten sich solche nicht, weil aus der Oberseite des Blattes eine Ausscheidung von Luft, wobei sich Blasen bilden, nicht erfolgt, auch nicht bei Insolation, vorausgesetzt dass jene Blattseite keinerlei Wunden besitzt. Auf den letzteren Umstand musste daher bei der Auswahl der Blätter Rücksicht genommen werden. Minder leicht war es, ein späterhin leicht eintretendes Herabgleiten des Papierstückes zu verhüten. Ich verwendete immer nur Blätter mit recht genauer Horizontallage der Lamina, und wenn späterhin, was nicht selten geschah, die Blattfläche ihre wagerechte Lage verlor, so wurde das Herabgleiten des Papieres zu verhindern gesucht, indem ein schmales Papierstreifchen als Reiterchen über den erhöhten Blattrand gelegt wurde. Die Last des Papieres würde, auch wenn sie in ihrer ganzen Grösse auf das Blatt selbst gedrückt hätte, als überaus geringfügig anzusehen gewesen sein; allein das Papier wurde von der zwischen ihm und dem Blatte sich hinziehenden dünnen Wasserschicht in halb schwimmender Lage erhalten, was sich in der äusserst leichten Beweglichkeit des Papierstückes in horizontaler Richtung deutlich genug aussprach. Die über dem Blatte stehende Wasserschicht war aber so dünn, das ihr Druck auf das Blatt offenbar nicht in Betracht kam. Ich wählte nun zu dem Versuche solche Individuen, welche in ziemlich seichtem Wasser in natürlicher schwimmender Lage sich befunden hatten, bei denen also die Stiele ziemlich kurz waren. An ihnen wurden unter den gleichen äusseren Verhältnissen die Versuche angestellt, und zwar bedeckte ich die jüngeren Blätter in dem Zeitpunkte, wo die gewöhnliche Abnahme der Stielstreckung merklich wurde, wo also der Stiel eine Länge erreicht hatte, die unter Fortdauer der normalen Verhältnisse nicht erheblich grösser geworden sein würde. Das Auflegen des Papieres hatte immer in der kürzesten Frist eine sehr auffallende Veränderung zur Folge. Während bis dahin die Streckung des Stieles ziemlich träge geworden und die Lage der Lamina auf dem Niveau definitiv zur Ruhe gekommen war, begann der Stiel wiederum eine lebhafte Streckung und nahm ausserdem nicht selten starke Krümmungen an. Diese rührten zum Theil jedenfalls nur daher, dass bei der Fixation des auf

dem Boden sich aufstützenden Stockes und bei der unveränderlichen Lage der Lamina auf dem Niveau dem Stiele die weitere beträchtliche Verlängerung nur unter Verkrümmungen möglich war. Zum Theil aber schienen sie einen inneren Grund zu haben, indem sie oft so energisch und beträchtlich ausfielen, dass die Lamina ganz aus der horizontalen Lage gebracht, selbst geradezu im Wasser umgewendet wurde. Diese Stielkrümmungen mögen hier nicht weiter beachtet werden, es interessirt nur die Thatsache, dass immer eine Erneuerung der Streckungsenergie im Stiele stattfand. Wo sich keine Krümmungen einstellten, wurde die Lamina in Folge der Stielstreckung in gerader Linie auf dem Niveau weiter geschoben. — Es mag hier noch eine zufällig gemachte andere Beobachtung angeführt werden, die offenbar dasselbe darthut wie der eben besprochene Versuch. Wenn ich viele *Hydrocharis*-Pflanzen zusammen in Glasbüchsen gesetzt und einige Zeit stehen gelassen hatte, so kam es bei der Stellung, die manche Individuen hatten, vor, dass ein oder das andere neu sich erzeugende Blatt bei seinem Austriebe mit der Oberseite an der Gefässwand anlag und in Folge der fortschreitenden Verlängerung des Stieles immer noch stärker und vollkommener der Glasfläche angedrückt wurde. Schob es sich in dieser Stellung bis über den Wasserspiegel empor, so blieb vermöge der Flächenanziehung zwischen ihm und der Gefässwand eine Schicht Flüssigkeit erhalten, und es hatte sich mithin hier dasselbe Verhältniss auf andere Weise hergestellt, wie es im vorigen Versuche stattfand. Im Einklange damit stand es denn auch, dass ich solche Blätter oft bis zu beträchtlicher Höhe über den Wasserspiegel hinaufwachsen sah und dabei immer bemerkte, wie zwischen der Gefässwand und der Blattfläche Flüssigkeit sich erhalten hatte. Letzteres war möglich, weil die Büchsen derart verschlossen oder bedeckt standen, dass die Verdunstung aus ihnen sehr gemindert war. — Aus dem Angeführten ist zu schliessen, dass das *Hydrocharis*blatt wenigstens in weiter vorgerücktem Zustande und wenn es schon an seiner Oberseite einmal mit Luft in Berührung gewesen ist, auch die Fähigkeit besitzt, den Aggregatzustand des die Oberseite berührenden Mediums zu beurtheilen und hiernach die Streckung seines Stieles zu reguliren.

Wenn wir nun versuchen, uns eine Vorstellung darüber zu bilden, wie die *Hydrocharis* im Verlaufe ihrer Vegetation unter den natürlichen Verhältnissen die im Vorstehenden aufgeklärten Fähigkeiten anwendet, so werden wir zugleich begreifen, wie unsere Pflanze im Kampf ums Dasein diese Fähigkeiten gleich den übrigen Anpassungen, die sie bei ihren Bedürfnissen nöthig hat, sich erwerben musste.

Wenn im Frühjahre aus den auf der Wasseroberfläche schwimmenden Ueberwinterungsknospen die ersten Laubblätter hervorkommen, so wird gemäss der Lage, die nun der Schwerpunkt des Pflänzchens bekommt, das letztere in ungefähr aufrechte Stellung versetzt, so dass die Blattflächen oben liegen müssen. Da nun, wie unten speciell gezeigt werden soll, jede Lamina vermöge einer eigenthümlichen Beweglichkeit ihrer Insertion am Stiele auf der Wasseroberfläche sich in horizontale Richtung einzustellen bestrebt ist, und da die Oberseite derselben abstossend gegen das Wasser wirkt, so muss das erste vollkommene Blatt schwimmende Stellung einnehmen, ohne dass ein besonderes anderweites Mittel nothwendig wäre. Die Knospe liegt nunmehr also ein Stück unterhalb des Wasserspiegels. Das schwimmende Blatt befindet sich jetzt unter einem constanten Drucke, welchem der auf das nächste noch tiefer stehende Blatt wirkende Druck erst dann gleich wird, wenn der Stiel des letzteren sich soweit streckt, um der Lamina ebenfalls die Lage auf dem Wasserspiegel zu gestatten. Die Pflanze wendet jetzt zum ersten Male ihre Fähigkeit, die Differenzen der auf verschiedene Blätter lastenden Druckkräfte zu schätzen an; und so wird auch das zweite Blatt schwimmend. Nun bleiben aber die ersten Blätter des Stockes nicht lange erhalten; sie verlieren die Fähigkeit ihre Stiele zu strecken zeitig, und so kommt es, dass wenn das zweite Blatt, nachdem es schwimmend geworden, noch einige Zeit träge seinen Stiel zu verlängern fortfährt, das erste Blatt dem nicht nachzukommen vermag und also wieder unter Wasser versetzt wird, wo es sich noch einige Zeit wahrscheinlich functionslos erhält. In Folge dieses Umstandes muss der Stiel jedes folgenden Blattes immer um etwas länger werden als der des vorhergehenden, und die Pflanze kann auf diese Weise ansehnliche Stiellängen annehmen, vorausgesetzt, dass sie nicht in ganz seichtem Wasser steht. Man sieht, wie die Pflanze, um in jedem Falle alle ihre Blätter nach einander auf den Wasserspiegel zu bringen, keines anderen Mittels bedarf, als eben dieser Fähigkeit, die Differenzen der auf die einzelnen Blätter wirkenden Wasserdruckkräfte zu beurtheilen. Dass unserer Pflanze im Kampfe ums Dasein ein solcher Sinn für Unterschiede und Gleichheit jener Kräfte angelernt wurde, erklärt sich daraus, dass sie eben nur dann lauter Schwimmblätter haben konnte, wenn bei Differenzen der auf verschiedene Blätter wirkenden Druckkräfte der Stiel des stärker gedrückten Blattes sich noch um mindestens so viel streckte bis jene Kräfte gleich waren. Individuen, die dieses nicht thaten, konnten sich eben nicht auf die Dauer erhalten. Ebenso musste unserer

Pflanze auch die oben nachgewiesene Fähigkeit angezüchtet werden, nach Verlust der schwimmenden Lage den gehabten Eindruck von der Grösse des auf schwimmende Blattflächen lastenden Druckes sich zu bewahren, um die versenkten Blätter gerade so weit verlängern zu können bis der frühere Druck auf die Lamina wieder hergestellt ist. Denn bei der gänzlich freien Beweglichkeit dieser Pflanzen im Wasser, bei ihrem geselligen, gedrängt stehenden Auftreten und ihrem Standorte auf den Rändern der Teiche sind mancherlei Anlässe möglich, dass sie hin und her verschlagen, durch einander geworfen oder unter das Wasser gedrängt werden, so dass die statischen Gesetze nicht jedesmal im Stande sind, sie wieder in natürliche Schwimmlage zu versetzen. Man sieht also wie die zuletzt bezeichnete Fähigkeit auch unter den natürlichen Verhältnissen vielfach von der Pflanze wird angewendet werden müssen, und darin eben liegt die Erklärung, warum auch sie im Kampfe ums Dasein erworben werden musste. — Endlich sei noch darauf hingewiesen, wie das *Hydrocharis*blatt, sobald es einmal schwimmende Lage erreicht hat, nothwendig auch der Fähigkeit bedarf, zwischen luftförmigem und flüssigem Aggregatzustand des die Oberseite berührenden Mediums zu unterscheiden. Bei dem geselligen Vorkommen unserer Pflanze und ihrer Beweglichkeit auf dem Wasser ist es unvermeidlich, dass Blätter verschiedener Stöcke sich über- oder untereinanderschieben, und mithin das eine an der freien Lage seiner Oberseite verhindert und von Wasser überzogen wird. Mittelst der Empfindlichkeit für Druckdifferenzen würde sich die Pflanze hier nicht zu helfen vermögen, wohl aber ist es ihr durch den in Rede stehenden Sinn möglich, den Uebelstand zu beurtheilen und ihn abzustellen, indem sie in diesem Falle die Streckung des Stieles wieder steigert, bis sie von demselben nichts mehr wahrnimmt. Der Umstand, dass diese Fähigkeit dem Blatte nur dann etwas nützen kann, wenn es schon einmal schwimmende Lage gehabt hat, erklärt es, ebenfalls vom Standpunkte der Darwin'schen Lehre, warum die Pflanze in früheren Lebensstadien jener Fähigkeit auch nicht theilhaftig ist, wie unser Versuch mit den in Versenkung ihre Vegetation beginnenden Ueberwinterungsknospen gezeigt hat. In diesem Stadium kommt die Pflanze unter den gewöhnlichen Verhältnissen eben allein aus mit der Fähigkeit, die Druckkräfte zu schätzen.

2. Die Richtung des Stieles.

Wenn das junge Blatt der *Hydrocharis* aus der Knospe hervorkommt, so richtet sich der Stiel senkrecht aufwärts; und dies geschieht,

gleichgültig ob die Pflanze beleuchtet oder im Dunkeln gehalten wird; selbst wenn sie in widernatürlicher Richtung im Wasser befestigt ist. Es geht daraus hervor, dass die Blattstiele unserer Pflanze mit den Blattstielen zahlreicher anderer Gewächse negativen Geotropismus gemein haben.

Die Anordnung, welche die Blätter eines *Hydrocharis*-Stockes vermöge ihres Geotropismus unter natürlichen Verhältnissen jedesmal gewinnen, wird nicht geändert durch einseitige Beleuchtung. Wo unsere Pflanze am natürlichen Standorte auf solchen Stellen des Wasserniveaus liegt, welche etwa durch überragendes Buschwerk von oben und von den Seiten her stark beschattet und nur von der Höhe des Gewässers her beleuchtet werden, breitet sie ihre Blätter ebenso allseitig aus, wie auf einem Wasserspiegel, welcher von allen Richtungen des Horizontes aus gleichmässiges Licht empfängt. Ja man bemerkt sogar dann noch keine Veränderung, wenn man die Pflanzen erzieht in Wassergefässen, welche im Innern eines von einer einzigen Seite her durch die Fenster Licht empfangenden Zimmers stehen, wobei an anderen Pflanzen die Wirkung des Heliotropismus in der ausgeprägtesten Weise sich kund zu geben pflegt. Hieraus ergiebt sich, dass die *Hydrocharis*blattstiele entweder des Heliotropismus gänzlich entbehren, oder dass bei ihnen diese Fähigkeit wenigstens auf ein Minimum beschränkt ist und dass es viel energischerer Mittel bedarf um die Pflanze zur Aeusserung derselben zu veranlassen. Um zu erfahren ob das Letztere der Fall ist, setzte ich eine noch junge *Hydrocharis*, an welcher erst zwei Blätter fertig waren, in ein mit Wasser gefülltes Glasgefäss und umgab dasselbe mit einer lichtabschliessenden Papphülle, welche nur an einer Seite einen etwa 20 Mm. breiten, vom Grunde des Gefässes an bis wenig über den Wasserspiegel heraufgehenden Spalt hatte. Durch den letzteren fiel vom Fenster her Licht in das Gefäss, und die Pflanze hatte eine solche Lage, dass das eine und zwar das ältere Blatt dem Lichtspalt zu-, das andere demselben abgekehrt war. Nach zwei Tagen hatten die Blätter weder die Richtung ihrer Stiele noch die schwimmende horizontale Lage der Lamina geändert; und ein drittes Blatt, welches unter diesen Verhältnissen aus der Knospe gekommen war, zeigte den Stiel in aufrechter Stellung und hatte seine Fläche nahezu vollständig aufgerollt und auf dem Niveau ausgebreitet; es stand so, dass es seitlich vom Lichte getroffen wurde. Am dritten Tage war das letzterwähnte Blatt vollständig fertig und verhielt sich nun ganz wie unter gewöhnlichen Umständen: sein Stiel zeigte Nichts von einer heliotropischen Krümmung und die Lamina lag genau hori-

zontal auf dem Niveau mit nicht benetzter Oberseite. Später kam noch ein viertes Blatt zum Vorschein, welches vom Spalt aus gesehen an der rechten Seite hinterwärts stand; auch dieses entwickelte sich in gewöhnlicher Stellung. Nur während des Aufrollens der Lamina zeigte der Stiel dieses Blattes eine schwache Krümmung lichtwärts, wodurch die nach dem Spalte gekehrte Hälfte der Lamina etwas mehr unter Wasser geneigt wurde. Aber bald glich sich dieses wieder aus, und die Blattfläche lag nun gerade auf der Oberfläche des Wassers, wie gewöhnlich. An den übrigen Blättern war keine Veränderung eingetreten. — Ich habe hierauf den Versuch so modificirt, dass die Pflanzen lediglich von unten her durch das Wasser beleuchtet wurden. Ein geräumiges Glasgefäss mit Wasser, in welchem blättertreibende *Hydrocharis* stand, wurde ausser am Boden ringsum lichtdicht verschlossen und in dieser Zurichtung an der Decke des Zimmers unmittelbar hinter dem Fenster aufgehängt. Nach acht Tagen wurde die Vorrichtung das erste Mal geöffnet. Es waren mehrere neue Blätter gebildet worden, und diese hatten sich mit ihren Stielen aufwärts gerichtet, so dass die Blattflächen ziemlich am Wasserspiegel sich befanden. Die Lage der letzteren war zwar annähernd horizontal, aber es befand sich nur ein Theil der Oberseite ausserhalb des Wassers, und es war eine schwache Abweichung von der gewöhnlichen Richtung im Sinne einer Hinwendung nach der beleuchteten Seite nicht zu verkennen. An manchen Blättern war nämlich das unmittelbar vor der Lamina stehende Stielstück ein wenig so gebogen, dass die letztere anstatt horizontal zu stehen, etwas schief gewendet war, und wenigstens ein Stück der Oberseite unter dem Niveau sich befand. Diese Wendung war theils seitlich, theils grade überrücks erfolgt. An anderen Blättern hatte sich nur ein Stück des Blattrandes umgeschlagen, so dass die Oberseite daselbst wenigstens am äussersten Rande dem Lichte zugekehrt war; und dies hatte bald an einem oder auch an beiden seitlichen Rändern, bald auch an der Spitze der Lamina stattgefunden. Hierauf wurde die Vorrichtung unter den gleichen Verhältnissen weitere 14 Tage ungestört sich überlassen. Darnach hatte die Lichtwendung der Blätter noch weitere Fortschritte gemacht. Das Längenwachsthum der Stiele war noch beträchtlich weitergegangen und dabei hatten dieselben zugleich ihre Richtung verändert. Es war nämlich in ihrer ganzen mittleren Strecke eine Achsendrehung eingetreten, wie sie sonst auch oft von Blättern behufs heliotropischer Richtung vorgenommen wird, und wodurch nun hier die Blattflächen geradezu umgewendet, die Oberseiten derselben also dem Lichte zugekehrt wor-

den waren. Dabei lagen nicht bloss die Oberseiten, sondern auch die Unterseiten submers, denn die Stieldrehung versetzte die Blattfläche ein Stück unter Wasser, was geschehen musste, weil der schräg aufrechte Stiel am obersten Ende etwas aufwärts gekrümmt ist, um die Lamina horizontal auf den Wasserspiegel zu stellen. Der eine Stiel hatte ausser einer geringen Achsendrehung auch eine Vorwärtskrümmung in fast einem halben Kreisbogen ausgeführt und dadurch seine Lamina mit der Oberseite ebenfalls dem beleuchteten Boden zugewendet. Die am Anfange des Versuches schon vorhanden gewesenen Blätter hatten durchaus keine Richtungsänderung erlitten. Nur das damals jüngste Blatt befand sich zwar auch mit seinem Stiele in natürlicher Richtung; aber die Lamina hatte sich überrücks gekrümmt, sodass nur die beiden basalen Herzlappen horizontal lagen und an ihrer Oberseite unbenetzt waren. Von nun an wurden die Pflanzen ganz und gar verdunkelt. Schon nach drei Tagen hatten jetzt die Stiele sich wieder so gekrümmt, dass die Oberseiten der Blattfläche mehr oder weniger nach oben schauten. An dem Blatte mit dem halbkreisförmig gekrümmten Stiele war diese Krümmung ziemlich ausgeglichen, und die acropetale Hälfte der Lamina tauchte wieder mit der Oberseite aus dem Wasser hervor. Ein anderes Blatt hatte seinen Stiel so emporgekrümmt, dass die eine Seite der Blattfläche schon dicht unter dem Wasserspiegel stand. Ein während der vollständigen Verdunkelung hervorgekommenes neues Blättchen hatte sich senkrecht aufwärts gewendet.

Aus Vorstehendem ergiebt sich, dass der Heliotropismus in den Blattstielen der *Hydrocharis* zwar nicht vollständig geschwunden, aber ungewöhnlich abgeschwächt ist und dass es zu seiner immer nur trägen und langsamen Erregung der allerenergischsten Mittel bedarf, die unter den gewöhnlichen natürlichen Verhältnissen kaum in dem Grade eintreten. Dieses kommt aber für die sich selbst überlassene wilde Pflanze einem gänzlichen Mangel des Heliotropismus gleich: unter diesen Verhältnissen kommt es eben nie zu heliotropischen Bewegungen. Der Vortheil der alleinigen Herrschaft des Geotropismus in den Blattstielen hinsichtlich des Bedürfnisses der Pflanze, ihre Blätter auf dem Wasserspiegel an der einen Seite mit Luft, an der andern mit Wasser in Berührung zu erhalten, springt in die Augen.

Unsere Pflanze hat aber auch die Fähigkeit, unter gewissen Umständen ihren Blattstielen eine Richtung zu ertheilen, welche nicht durch den gewöhnlichen negativen Geotropismus hervorgebracht werden kann, vielmehr dem letzteren in grösserem oder geringerem Grade

entgegenwirkt. Zunächst überzeugt uns die unmittelbare Anschauung, dass die aus einem Stocke entspringenden Blattstiele niemals genau parallel aufwärts, sondern zugleich etwas schräg auswärts gerichtet sind, und dass der Grad dieser Divergenz unverkennbar mit der Tiefe der Versenkung des Stockes zusammenhängt. Bei Individuen mit sehr langen Stielen, also mit tief im Wasser befindlichem Stocke, so zumal bei den künstlich tief fixirten Versuchspflanzen, sind die Stiele nur sehr wenig divergent, stärker bei mässig tief stehendem Stocke, und in sehr hohem Grade bei solchen Individuen, wo der Stock ziemlich nahe unter dem Wasserspiegel schwimmt. Offenbar wird durch diesen Umstand die Möglichkeit geschaffen, dass die einzelnen Blattflächen ohne sich einander zu bedecken auf dem Wasserspiegel Platz finden. Denn da die Blätter alle nahezu von einem und demselben Punkte entspringen, so müssten sie, wenn sie genau parallel aufrechte Stiele hätten, mit ihren Flächen übereinander zu liegen kommen. Und zur Verhütung dieses Falles muss die Divergenz um so grösser werden, je kürzer die Stiele sind, weil entsprechende Punkte zweier divergirender Linien um so weiter von einander entfernt sind, je grösser ihre Entfernung vom Schnittpunkte beider Linien ist. Wir finden also, dass die Stiele, nachdem sie Anfangs vertical aufwärts gewachsen sind, und die Lamina auf dem Niveau sich ausgebreitet hat, allmählich in auswärts geneigte Lage übergehen*), wobei wie der Augenschein lehrt, die Insertion des Blattes am Stocke die Krümmung vollzieht. Diese Erscheinung ist auch an den zu vielen um einen Stamm grundständigen Blättern von Landpflanzen eine weit verbreitete. Während auch hier die jüngsten innersten Blätter gerade aufrecht wachsen, neigen sich die äusseren älteren oft sehr beträchtlich nach aussen, in welcher Lage sie späterhin absterben, worauf die nächst jüngeren ihre Lage einnehmen. Bei *Hydrocharis* kommt aber noch der besondere Umstand hinzu, dass der Zeitpunkt des Eintrittes dieser Bewegung und das Ziel derselben von einem ganz bestimmten äusseren Factor, nämlich von dem Niveauverhältnisse abhängig ist. Bei den Landpflanzen mit grundständigen Blättern sehen wir jedes Blatt in einer bestimmten Altersperiode die Auswärtsbewegung beginnen und mit derselben bis zu einem bestimmten Grade fortfahren. Bei *Hydrocharis* beginnt sie immer erst, nachdem die Lamina oberflächliche Lage auf dem Was-

*) Dass dabei die Lamina nicht wieder untergetaucht wird, wird durch den oben besprochenen Umstand vermieden, dass die Streckung des Stieles nach dem Erscheinen der Blattfläche auf dem Wasserspiegel noch einige Zeit langsam fortdauert.

ser erreicht hat; also bald sehr zeitig, wenn der Stock nicht tief im Wasser steht, bald sehr spät, wenn derselbe in grosser Tiefe sich befindet; ja sie unterbleibt gänzlich an solchen Blättern, welche ihre Stielstreckung eingestellt haben, bevor ihre Lamina die Oberfläche des Wassers erreicht hat, wie man an den oben beschriebenen Versuchen mit in tiefer Versenkung fixirten Pflanzen regelmässig beobachtet. Aber auch der Grad, bis zu welchem diese Bewegung fortschreitet, ist bei unserer Pflanze von der Lage des Niveaus abhängig: der Stiel neigt sich niemals soweit, dass die Lamina dadurch wieder unter Wasser gezogen wird, aber doch auch immer um so viel, dass sie nicht über den anderen Blattflächen desselben Stockes aus dem Wasser hervorgestreckt ist. Diese ganz bestimmte Bemessung des Grades der Krümmung der Stielbasis nach der Höhe des Wasserspiegels findet einen weiteren sehr prägnanten Ausdruck in folgendem Verhalten unserer Pflanze. Wenn der Wasserspiegel soweit sinkt, dass der Stock endlich auf dem Grunde aufstösst, und bei weiterem Sinken die Blattflächen ganz an die Luft hervortreten würden, so senkt die Pflanze ihre Stiele allmählich nach aussen und zwar soweit, bis die Lamina wieder den Wasserspiegel erreicht hat. Steht der letztere nur wenig tiefer, so beträgt auch die Senkung nur einen kleinen Winkel. Wenn aber das Wasser bis an die Knospe gefallen ist, so legen sich auch die Stiele rückwärts bis in ungefähr horizontale Lage; ja sie senken sich noch unter die Horizontale. wenn der Stock über dem Wasserspiegel noch ein Stück hervorragt. Daher findet man auch da, wo das Wasser zurückgetreten ist, die auf dem Trockenen sitzen gebliebenen Pflanzen mit ihren Blättern flach auf dem Boden ausgebreitet. Was hier das Blatt späterhin thut, nachdem es schon eine andere Richtung und Lage gehabt hat, das kann auch gleich beim Austritte aus der Knospe geschehen. Wenn *Hydrocharis* auf ganz seicht vom Wasser überfluthetem Boden sich entwickelt oder wenn man sie aus tieferem Wasser an dergleichen Orte setzt, so richten sich alle neu aus den Knospen hervorgehenden Blätter sogleich auswärts in schiefe, ev. horizontale Richtung, wobei die Stiele, wie oben bemerkt, ungewöhnlich kurz bleiben

Die in Rede stehende Neigung der Blätter von *Hydrocharis* kann ebenso wenig wie die analoge Erscheinung bei den Landpflanzen als Folge einer Schlaffheit des Stieles, welche der Last der in der Luft befindlichen Lamina nachgiebt, erklärt werden. Die Blattstiele der *Hydrocharis* haben bei gewöhnlicher mässiger Länge und zumal bei erheblicher Kürze, wo sie gerade jene Bewegungen besonders auffällig vollziehen, eine so beträchtliche Steifheit, dass von einem Umbie-

gen in Folge von Schlaffheit gar keine Rede sein kann. Auch erfolgt die Senkung, was bei Schlaffheit der Fall sein müsste, nicht allsogleich, sondern es vergehen oft Tage, ehe an einer versetzten Pflanze die Blätter ihre neue Lage völlig erreicht haben. Die älteren Blätter, welche alles Wachsthum der Stiele bereits eingestellt haben, senken sich, wenn die Pflanze mit ihren Blättern aus oder über Wasser gebracht wird, gar nicht und bleiben dauernd in emerser Stellung. Endlich spricht auch die Form der Stiele gesenkter Blätter dagegen. Nur solche, deren Stiele aus abnormer Tiefe zu grosser Länge gewachsen sind, sinken beim Herausnehmen aus dem Wasser um, indem die Lamina sich seitwärts schlägt, und der Stiel in ganzer Länge sich krümmt. Bei jener langsamen Abwärtskrümmung dagegen bleiben die Stiele ziemlich gerade, nur ihre Insertion am Stocke ist der bewegliche Theil, durch dessen Krümmung der Winkel des Stieles zum Horizonte verändert wird, wobei die Lamina sich dauernd in horizontaler Flächenstellung erhält. Man kann also hierin nur active Bewegungen erkennen, hervorgebracht durch ein ungleich starkes Wachsthum zweier entgegengesetzter Seiten der Stielbasis. Diese beiden Seiten liegen immer in der Mediane des Blattes, sie sind die morphologisch obere und untere; die Senkung erfolgt immer in der Mediane. Mithin fällt diejenige durch den Blattstiel gehende Ebene, in welcher die beiden Richtungen grösster und geringster Streckung liegen, immer mit der Richtung der Erdanziehung zusammen. Der hierdurch in eine morphologisch bestimmte Schiefstellung zum Erdmittelpunkte gebrachte Stiel zeigt nun auch durch folgendes Verhalten eine Empfindlichkeit für die Wirkung der Gravitation, welche mit der von mir als Transversalgeotropismus bezeichneten Fähigkeit übereinstimmt. Bisweilen findet man Pflanzen, welche ganz horizontal auf dem Wasser liegen, indem die Ueberwinterungsknospen auch späterhin schwimmend geblieben oder durch irgend ein äusseres Hinderniss auf der Oberfläche erhalten worden sind. Die Knospen haben dann eine schiefe oder nahezu horizontale Richtung, so dass die Blätter nach einer einzigen Seite hin liegen, alle Stiele sind ungefähr wagerecht, nur ihre Enden etwas aufwärts gekrümmt, um der Blattfläche ihre wagerechte Lage auf dem Wasserspiegel zu ertheilen. Gleiches beobachtet man, wenn Knospen oder in der Entwickelung begriffene Stöcke in horizontaler Richtung auf dem Wasser befestigt oder auf seicht mit Wasser überzogenem Boden in dieser Lage ausgelegt werden. Unter derartigen Umständen zeigen diejenigen Stiele, welche an der nach unten gekehrten Kante des Stockes inserirt sind, ausser der bezeichneten Rich-

tung, nichts Besonderes. Die der seitlich inserirten Blätter aber sind häufig um ihre Achse gedreht, wobei die Krümmung sich über den grössten Theil des Stieles erstreckt und nach Richtung und Grad allemal gerade hinreicht, um die morphologische Oberkante des Stieles auf dem kürzesten Wege wieder zenithwärts zu kehren. Sie ist daher am grössten an den der zenithwärts liegenden Kante des Stockes zunächst inserirten Blättern. Dieses Verhalten stimmt überein mit demjenigen aller der Organe, die ich als transversalgeotropische und -heliotropische bezeichnet habe. Es ist leicht zu ermitteln, dass diese Drehungen, deren Ziel die zenithwärtsgekehrte Lage der morphologischen Oberkante des Stieles ist, im vorliegenden Falle durch die Gravitation allein bewirkt werden können, dass wir es also hier mit Transversalgeotropismus zu thun haben. Denn wenn die eben besprochenen Versuche bei constantem Ausschlusse des Lichtes angestellt werden, so beobachtet man die gleichen Bewegungen, die hier oft ihr Ziel vollständig erreichen, oft freilich auch nicht ganz vollendet werden, wegen der Hemmung der Vegetation und des Wachsthumes, die hier in constanter Dunkelheit oft rasch eintritt. Stiele, selbst jugendliche, welche unter diesen Verhältnissen zu wachsen aufhören, bleiben in der ursprünglichen Richtung, sie sind krümmungsunfähig — abermals ein Beweis, dass nicht Schlaffheit die Ursache der Bewegung sein kann. — Es sei noch hervorgehoben, wie aus jenem Umstande, dass entwickelte Individuen oft frei schwimmend auf der Seite liegend in ganz horizontaler Lage gefunden werden, sich wiederum mit Bestimmtheit ergiebt, dass in den Blattstielen, so lange ihre Lamina die natürliche Schwimmlage besitzt, der gewöhnliche negative Geotropismus sich nicht äussert, sondern durch Transversalgeotropismus ersetzt ist. Denn das junge aus der Knospe hervorgetretene Blatt würde ja hier durch nichts gehindert sein, aufwärtsgehende Richtung anzunehmen: die Folge müsste sein, dass die Lamina vermöge ihrer relativ grösseren Masse und ihrer Eigenschaft an der Oberfläche des Wassers die Flüssigkeit von ihrer Oberseite zurückzustossen, auf dem Wasserspiegel bleibt, der Stock aber tiefer ins Wasser hinabgedrückt wird, und dies müsste mit jedem neuen Blatte Fortschritte machen. Dass aber vielmehr die Blätter in diesem Falle gerade über den Wasserspiegel hinwachsen, beweist eben, dass sie gar keine Anstrengung machen, um sich negativ geotropisch zu krümmen. Wenn man Individuen der bezeichneten Art unter Wasser fixirt hält, so ändert sich sehr bald die Richtung der Blätter, wenigstens der jüngeren noch streckungfähigen: ihre Stiele werden merklicher gekrümmt, die der jüngsten Blätter oft steil aufgerichtet.

Hiernach giebt es auch Glieder, welche transversalgeotropisch sind, ohne dass ihre Längsachse gerade wagerecht zu stehen braucht, welche vielmehr nur schief geneigt sind, so dass doch zwischen oberer und unterer Kante unterschieden werden kann. Nicht bloss die Blätter der *Hydrocharis,* sondern auch die der oben bezeichneten Landpflanzen werden in diese Kategorie gehören. Bei den echten transversalgeotropischen Gliedern ist, wie ich am betreffenden Orte gezeigt habe, derjenige Wachsthumsprocess, welcher die Längsachse rechtwinklig zur Richtung der Erdanziehung stellt, ebenso energisch wie der die Drehungen hervorbringende, und es stellen sich daher diese Organe immer bestimmt horizontal. Bei der in Rede stehenden Kategorie aber ist jenes Wachsthum ungleich minder energisch als die Drehungsbewegung, es verzögert sich so lange, dass es die ganze Wachsthumsperiode ausfüllen und am Ende der letzteren sein Ziel noch lange nicht erreicht haben kann. *Hydrocharis* ist nun, wie schon bemerkt, hierbei noch dadurch merkwürdig, dass diese seine transversalgeotropischen Wachsthumsprocesse bedingt sind von der Lage der Lamina auf dem Wasserspiegel, nämlich erst dann in dem Blatte beginnen, wenn letztere Lage erreicht ist und zu jeder späteren Zeit auch wieder eingestellt werden, sobald das Blatt während seiner Wachsthumsperiode nach schon gehabter Schwimmlage von neuem submers wird, weil dann der negative Longitudinalgeotropismus wieder eintritt.

3. Die Lage der Blattfläche.

Die Beobachtung lehrt, dass die Blattflächen der *Hydrocharis,* wenn sie auf der Oberfläche des Wassers sich befinden, mit ihrer Ebene horizontale Richtung einnehmen, wobei die morphologische Unterseite abwärts gekehrt und von Wasser überzogen, die andere Seite aufwärts gewendet und mit der Luft in Berührung ist. Diese Lage kommt somit der mathematischen Horizontalebene am nächsten, weil die Richtung jeder Wasseroberfläche mit dieser übereinstimmt. Es zeigt sich nun, dass das Blatt auf dem Wasserspiegel unter allen Umständen diese Lage einnimmt, mögen die Pflanzen und die Blattstiele eine Richtung haben, welche sie wollen.

Im Folgenden soll zunächst nachgewiesen werden, dass das Letztere in der That der Fall ist, und beschrieben werden, auf welche Weise in den möglichen Einzelfällen jene Lage zu Stande kommt. Betrachten wir eine unter gewöhnlichen Verhältnissen sich selbst überlassene im Wasser schwimmende Pflanze, bei welcher die Blattstiele ziemlich aufrechte, nur mässig auswärts geneigte Richtung

besitzen, so finden wir die schwimmende Lamina nicht genau rechtwinklig auf dem Stielende inserirt. Bezeichnet man den Winkel, welchen die morphologisch obere Kante des Stieles mit der Lamina bildet, mit *o*, und den entsprechenden Winkel der unteren Stielkante mit *u*, so ist in diesem Falle immer *o* etwas kleiner als *u*. Beide Winkel zusammen sind natürlich, als Nebenwinkel, in jedem Falle gleich zwei Rechten. Vergleichung verschiedener Individuen lehrt, dass die Grösse der Neigung der Stiele und das Verhältniss jener beiden Winkel auf das Genaueste zusammenhängen. Wo die Stiele sehr steil aufgerichtet sind, also bei Individuen, deren Blätter aus grosser Tiefe aufwachsen, ist der Winkel *o* nur wenig merklich kleiner als *u*; ja beide werden einander gleich, wenn der Stiel gerade vertical steht. Je stärker aber die Neigung der Stiele ist, desto kleiner wird *o* im Verhältniss zu *u*, und zwar immer in dem Grade, dass so stark auch der Stiel geneigt sein mag, die Lamina doch horizontale Richtung behält. Daher findet man bei Individuen, mit nahe unter der Oberfläche schwimmendem Stocke und daher äusserst schrägen Blattstielen, den Winkel *o* zu einem sehr spitzen, *u* zu einem sehr stumpfen geworden. Den höchsten Grad erreicht dieses Verhältniss an solchen Pflanzen, welche auf das Trockene gekommen ihre Blattstiele dem horizontalen Boden dicht auflegen: hier nimmt die Lamina dieselbe Richtung an, ist also fast gleichlaufend mit dem Stiele, d. h. der Winkel *o* ist nahezu gleich Null, der Winkel *u* fast gleich zwei Rechten geworden.

Es verändert aber auch jedes Blatt während seiner Dauer den Winkel, den es mit seinem Stiele bildet, langsam aber stetig, nach dem gleichen Gesetze. Wir haben oben nachgewiesen, wie an jedem *Hydrocharis*stocke die jungen Blätter mit verticalaufrechtem Stiele aus der Knospe treten, wie sich aber mit zunehmendem Alter der Stiel rückwärts neigt und so seine Lamina weiter nach aussen schiebt, welche auf diese Weise den Platz über der Knospe frei macht für die nächstfolgenden jüngsten Blätter. Mit dieser Rückwärtsneigung des älterwerdenden Stieles geht nun genau Hand in Hand diejenige Veränderung der Winkelgrössen *o* und *u*, welche erforderlich ist, um dabei die Lamina immer in wagerechter Lage zu erhalten. Auf den jüngsten nahezu vertical aufrechten Blattstielen sehen wir die das Herz der Rosette einnehmenden Blattflächen beinahe rechtwinklig inserirt, und an jedem älteren Blatte ist in dem Masse als der Stiel weiter auswärts geneigt ist, der Winkel *o* immer etwas kleiner als *u*, ein Verhältniss, welches an den in der weitesten Peripherie eines blattreichen Individuums liegenden Blättern sehr merklich hervortritt.

Bemerkenswerth ist ferner die Art und Weise, wie die Blattflächen ihre horizontale Schwimmlage gewinnen an solchen Individuen, welche schief oder wagerecht auf dem Wasser liegen, bei denen also, wie oben angegeben, die Stiele alle nach einer Seite hinauswachsen. Hier sind die an den verschiedenen Seiten des Stockes befestigten Blätter besonders zu betrachten. Bei den von der unteren Kante des Stockes entspringenden liegt der Stiel mit seiner morphologischen Oberseite zenithwärts gewendet, also in derselben Richtung wie unter gewöhnlichen Umständen, nur ausserordentlich stark geneigt. Dem entsprechend zeigt auch die Lamina nichts weiter als das schon besprochene Verhalten in besonders hohem Grade, dass nämlich der Winkel *o* sehr spitz und *u* sehr stumpf ist. Von den an den Seiten und an der aufwärts gekehrten Kante des Stockes inserirten Blättern ist oben berichtet worden, dass sie häufig ihren Stielen eine solche transversalgeotropische Torsion ertheilen, durch welche die morphologische Oberseite zenithwärts zu liegen kommt. Wenn dieses in vollständigem Grade der Fall ist, so befinden sich die Blattflächen auch dieser Blätter in der nämlichen Lage wie das untere Blatt und werden in derselben Weise wie dieses horizontal gestellt. Oft aber unterbleiben die Stieldrehungen oder erreichen doch nicht den für jenen Zweck hinreichenden Grad, und in diesem Falle zeigt die Pflanze, dass sie noch eines anderen Mittels als der blossen Winkeländerung zwischen Stiel und Lamina sich bedienen kann. Während die Blattfläche im Allgemeinen in ungefähr rechtwinkliger Insertion auf dem Stiele verbleibt, richtet sich das ihr unmittelbar vorausgehende Stück des Stielendes steiler aufrecht und kann auf diese Weise, während der übrige Theil des Stieles immer seine schiefliegende Richtung beibehält, nahezu vertical werden. Die Ebene, in welcher diese Krümmung geschieht, fällt bei den Blättern, die an der zenithwärtsliegenden Kante des Stockes befestigt sind, mit der Mediane zusammen. Bei den an den Seiten inserirten Blättern aber geht sie durch diejenigen zwei diametral entgegengesetzten Seitenkanten, welche gerade nach oben und unten gekehrt sind. Die Krümmungsebene ist also von morphologischen Beziehungen unabhängig und die Richtung macht daher den Eindruck einer gewöhnlichen negativ geotropischen. Für die Länge des Stielstückes, welches dieser Krümmung fähig ist, lässt sich kein allgemein gültiger Werth angeben. An den seitlich liegenden Blättern, wo sie also in morphologisch lateraler Richtung erfolgt, ist das gekrümmte Stück meist kürzer als da wo die Krümmung in der Mediane geschieht. In jenem Falle ist die Krümmung oft auf das

obere Viertel und auf einen noch geringeren Theil der Stiellänge beschränkt; in diesem nimmt sie nicht selten die obere Hälfte ein. Ueberdies ist noch zu bemerken, dass auch in diesem Falle die Winkeländerung der Lamina zum Stiele gleichzeitig, wenn auch minder ausgeprägt wie sonst zur Anwendung kommt. An den Blättern mit seitwärts aufgekrümmten Stielen ist der Winkel o, den die jetzt zenithwärts schauende Seitenkante des Stieles bildet, in der Regel etwas kleiner, als sein Nebenwinkel u, den die abwärts gekehrte Stielkante bildet; so z. B. in einem Falle, der als das gewöhnliche Maximum hierfür gelten kann, $o = 75^0$, $u = 105^0$. Bei den in der Mediane rückwärts nach oben gekrümmten Blättern werden beide Winkel höchstens jeder gleich einem Rechten. Ich habe niemals gefunden, dass der Winkel o, der hier von der morphologischen Unterkante des Stieles gebildet wird, zu einem spitzen werden könne, woraus ersichtlich wird, dass gerade für diesen Fall die Krümmungsfähigkeit des Stielendes unumgänglich nothwendig ist.

Hiernach besitzt die *Hydrocharis* zweierlei Bewegungen, um den Blattflächen jederzeit schwimmende Lage zu ertheilen: eine den Winkel mit dem Blattstiele ändernde Articulation der Ansatzstelle der Lamina und eine Verticalkrümmung des Stielendes. Beide kommen entweder zugleich oder nur eine von beiden zur Anwendung. Wir haben nun auch hier nach der Natur, den Ursachen und den Bedingungen dieser Erscheinungen zu fragen.

Was den molecularen Vorgang der Bewegungen anlangt, so sind letztere selbstverständlich wiederum als active, durch ungleiche Ausdehnungen bestimmter Gewebstheile hervorgebrachte Krümmungen anzusehen. Die Wachsthumsmechanik ist bei der Aufwärtskrümmung des Stielendes derjenigen bei negativem Geotropismus gleich. Und die Articulation des Laminagrundes stimmt überein mit der Mechanik, welche die Transversalstellungen anderer rechtwinklig auf ihrem Stiele inserirter Blattflächen, zumal der schildstieligen hervorbringt: ein ganz kurzer Gewebscylinder oder dünne Gewebsplatte, die unmittelbar die Lamina trägt, vermag sich an irgend einer Seite etwas stärker in der Richtung der Längsachse zu dehnen, als an der entgegengesetzten. Es leuchtet ein, wie schon geringe derartige Dimensionsänderungen dieses Stückes bedeutende Wirkungen hinsichtlich der Lage der Lamina zum Stiele hervorbringen müssen.

Die Ursache der Bewegungen kann nach dem Mitgetheilten und nach den sogleich anzuführenden Beobachtungen nur in der Gravitation gefunden werden. Wenn man *Hydrocharis* in Wassergefässe setzt und dabei absichtlich sie verhindert, ihre natürliche Lage wie-

der vollkommen einzunehmen, so dass viele Blätter mit ihren Flächen zunächst nicht in schwimmender Stellung sich befinden, und darauf sogleich die Pflanzen dauernder Finsterniss aussetzt, so bemerkt man schon nach ein bis zwei Tagen, dass die Blattflächen mit derselben Vollkommenheit wieder horizontale Lage auf dem Wasserspiegel eingenommen haben, wie dieses unter gleichen Umständen bei Gegenwart von Licht zu geschehen pflegt. Man überzeugt sich, dass zur Herstellung dieser Lage überall die im Vorstehenden erörterten Bewegungen vollzogen werden mussten.

Die Beziehungen dieser Bewegungen zur Richtung der Schwerkraftwirkung sind ohne Weiteres deutlich. Die dünne Gewebsplatte, auf welcher die Lamina ruht, ändert ihre dicken Dimensionen nur dann, wenn ihre Fläche nicht in der Horizontalebene liegt, und in diesem Falle nur so lange bis durch diese Aenderungen jene Lage wieder hergestellt ist. — Die Aufwärtskrümmung des Stielendes hat die Verticalstellung der Längsachse desselben zum Ziele; sie wird immer weniger energisch je mehr sie sich dieser Richtung nähert.

Wir haben hiernach diese Bewegungen als geotropische zu betrachten: die Erhebung des Stielendes als allgemeinen negativen Geotropismus, die Articulation des Laminagrundes aber als einen besonders ausgeprägten Fall von Transversalgeotropismus. Bei dem Nutzen, den diese Bewegungen für die Pflanze haben, und bei der bestimmten Beziehung, in der sich die letztere von jeher zur Richtung der Gravitationswirkung befand, ist es einleuchtend wie gerade diese geotropischen Fähigkeiten im Laufe der Zeit als zweckmässige Anpassungen angezüchtet werden mussten. Aus diesem Gesichtspunkte wird es wohl auch erklärlich, warum die Beweglichkeit der Lamina nach vorn weit grösser ist als nach der entgegengesetzten Richtung, indem der Winkel, den die obere Stielkante bildet, sehr spitz werden, der Nebenwinkel an der untern Stielkante aber niemals unter einen Rechten sich verkleinern kann: die Pflanze ist unter den natürlichen Verhältnissen in den weitaus meisten Fällen nur in der Lage, dass die Blätter die Oberkante des Stieles zenithwärts wenden, dass also nur das soeben angedeutete Winkelverhältniss besteht. Dagegen kommt sie nur sehr selten in die Lage, dass die obere Stielkante nach oben gekehrt ist und also das umgekehrte Winkelverhältniss nothwendig wird. Und die Zahl solcher Fälle wird auch noch durch den Umstand verringert, dass bei verkehrter horizontaler Lage der Blattstiel die oben besprochene transversalgeotropische Achsendrehung vornehmen kann, mittelst welcher die morphologische Oberkante wieder zenithwärts zu liegen kommt. Ebenso dürfte es

sich aufklären, dass der negative Geotropismus des obersten Stielendes, der zwar überall wenn auch oft nur andeutungsweise sich geltend macht, doch nur schwer und langsam und eigentlich nur bei verkehrt liegenden Blattstielen erheblicher hervortritt. Denn er ist bei der Articulationsbewegung der Lamina meistens entbehrlich und braucht nur als letztes Aushülfemittel in Anwendung zu kommen. Es mag hierbei bemerkt werden, dass die Eigenthümlichkeit einer lange nachdauernden Streckung des Stielendes, die wir oben ermittelt haben, auch mit dieser Fähigkeit späterer geotropischer Bewegungen des Stielendes im Zusammenhange steht.

Ob und wieweit das Licht bei diesen Richtungsprocessen betheiligt ist, kann man aus den oben angeführten Experimenten, wo es sich um die Abhängigkeit der Stielrichtung von der Beleuchtung handelte, entnehmen. Es wurde dort hervorgehoben, dass in solchen unter gewöhnlichen Verhältnissen noch vorkommenden Fällen, wo die Beleuchtung ausgeprägt einseitig ist, und wo andere Pflanzen sehr energische heliotropische Bewegungen zu machen pflegen, unsere Pflanze ihre Blätter in unveränderter Richtung mit genau auf dem Wasser schwimmender Lamina erhält. Es wurde ferner berichtet, dass bei einseitiger Beleuchtung durch eine Längsspalte in der Regel auch keine oder doch nur eine schwache Veränderung eintritt, dass aber bei ausschliesslicher Beleuchtung schwimmender Pflanzen von unten die Blätter die schwimmende Lage mehr oder weniger verlassen, um ihre Lamina abwärts in das Wasser dem beleuchteten Boden zuzukehren. Diese Resultate sind nicht bloss auf einen positiven Longitudinal-Heliotropismus der Stiele, sondern auch auf einen Transversal-Heliotropismus der unter gewöhnlichen Verhältnissen nur für die Gravitation empfindlichen Gewebeplatte, welche unmittelbar die Blattfläche trägt, zurückzuführen. Der *Hydrocharis* geht mithin die Empfindlichkeit der Laminainsertion für Beleuchtung zwar nicht vollständig ab, aber es bedarf der stärksten und ungewöhnlichsten Abweichungen von der regelmässigen Beleuchtungsweise, um dieselbe zu erregen. Unsere Pflanze weicht also von den Landpflanzen mit flächenförmigen, beiderseits different organisirten Blattflächen auch in der Hinsicht ab, dass bei ihr der Gravitation der weitaus vorwiegendste, in der Regel wohl geradezu der alleinige Antheil an der Transversalstellung der Lamina zukommt, während jene Pflanzen vorzugsweise dem Lichte die natürliche Richtung ihrer Blattflächen verdanken, die vielfach geradezu eines Transversalgeotropismus gänzlich entbehren. Es springt in die Augen, wie dieses Verhältniss dem besonderen Bedürfniss der *Hydrocharis,* ihre Blattflächen unter allen

Umständen, auch bei sehr einseitiger Beleuchtung streng in horizontaler Richtung auf dem Wasserspiegel zu erhalten, in der vortheilhaftesten Weise entspricht.

Wir kommen nun zu der Frage nach den Bedingungen der in Rede stehenden Bewegungen. Die Gravitation erregt nicht an jedem Blatte und nicht zu jeder Zeit die zu jenen Bewegungen führenden Wachsthumsprocesse, sondern nur dann, wenn die Lamina mit Luft an der Oberfläche des Wassers in Berührung steht. Diese Thatsache ist theils schon aus der Betrachtung der Entwickelung sich selbst überlassener Pflanzen, theils aus dem Befunde bei oben beschriebenen Experimenten zu ersehen. An Individuen, welche auf dem Wasser so schwimmen, dass der Stock ein ziemliches Stück unter dem Niveau steht, und zumal bei denjenigen Versuchen, wo man die Pflanzen in tiefer Versenkung fixirt hält, tragen die jüngsten Blätter, die eben aus der Knospe hervorkommen, so lange sie das Niveau noch nicht erreicht haben, ihre Lamina nicht horizontal, sondern der Knospenlage ähnlich, mehr oder weniger schräg, oft ziemlich steil aufrecht, so dass endlich immer das acropetale Ende der Lamina zuerst aus dem Wasser hervortaucht, und das unterste Ende zuletzt emers wird. Sobald der oberste Rand der Blattfläche die Luft berührt, beginnt die Insertion derselben ihre Articulationsbewegung, und diese schreitet nun immer genau in dem Grade fort, als die Verlängerung des Stieles die folgenden Theile der Fläche über Wasser hebt, so dass letztere niemals eigentlich aus dem Wasser hervorgestreckt wird, sondern von Anfang an mit der Unterseite auf dem Wasserspiegel aufliegt. Man kann diesen Vorgang nicht als eine blosse Theilerscheinung der an jedem Blatte eintretenden Entfaltung aus der Knospenlage betrachten. In der Knospe hat die Achse der Lamina zwar dieselbe verticale Richtung, aber ausserdem ist die Fläche von den Seiten her zusammengerollt. Die Lösung dieser Stellung und die vollständige Ausbreitung erfolgt zu einem ganz bestimmten Zeitpunkte, nämlich unmittelbar nach dem Hervortreten aus der Knospe und ist abgesehen von der verzögernden Einwirkung des Lichtmangels von äusseren Umständen unabhängig: sie erfolgt zu der nämlichen Zeit, gleichgültig ob das Blatt dabei tief submers oder schon an der Luft befindlich ist. Die Horizontalstellung aber ist von der Lage an der Luft bedingt: sie erfolgt an Blättern, die ausserhalb des Wassers ihre Knospenentfaltung vollziehen, zugleich mit dieser, sie unterbleibt bei aus tiefer Versenkung aufwachsenden bis zur Erreichung des Niveau's, und sie erfolgt niemals, wenn das Blatt das letztere gar nicht erreicht. Auch das genaue

Schritthalten der Horizontalstellung mit dem allmählichen Hervortauchen der Lamina lässt die Abhängigkeit der Bewegung von jenem Umstande nicht verkennen. Endlich ist das Verhalten schon schwimmender Blätter bei Wiederversenkung beweisend. Wenn Individuen, die eine Anzahl schwimmender Blätter besitzen, ganz unter Wasser fixirt werden, so besteht die erste meist schon nach wenigen Stunden merkbar werdende Veränderung darin, dass die Blattflächen aus der Horizontalebene, die sie bis dahin zusammen einnahmen, mehr oder weniger abgelenkt werden; sie stellen sich steiler, eine mehr als die andere, während zugleich die Ungleichmässigkeit des Stielwachsthums, wie oben geschildert, hinzukommt. Die Richtungsänderungen der Blattflächen scheinen dabei ganz ziellos zu sein: häufig wird die Neigung, wenn sie einen gewissen Grad erreicht hat, wieder mehr oder weniger gemindert, um vielleicht abermals sich zu steigern; oder die einmal angenommene stärkere oder die geminderte Neigung wird beibehalten. Jedenfalls kommen die älteren Blätter nach einiger Zeit zur Ruhe, aber in einer von der Horizontalebene mehr oder weniger abweichenden Lage der Lamina; und die jüngeren Blätter, die ihren Stiel noch bis zur Erreichung des Wasserspiegels strecken, kommen erst dann wieder zu einer dauernden und genauen Horizontallage der Lamina, wenn diese auf der Oberfläche des Wassers angelangt ist.

Wenn hiernach die die horizontale Stellung der Lamina herbeiführenden Bewegungen als nothwendige Bedingung die Lage derselben auf der Wasseroberfläche voraussetzen, so fragt es sich, ob wir den stärkeren Oberflächendruck, unter welchem sich ein im Wasser untergetauchtes Blatt befindet, oder nur den allseitigen Contact von Wasser, den Mangel der Luftbespülung an der Oberseite als den hierbei verhindernd wirkenden Factor zu betrachten haben. Diese Frage ist hier mit dem gleichen Rechte zu stellen, wie bei dem gleichfalls nach der Lage der Blattfläche zum Niveau sich richtenden Längswachsthume des Stieles. Während wir aber dort eine Empfindlichkeit des Blattes für verschieden grosse Druckkräfte als den hauptsächlich und unter Umständen allein wirkenden Factor kennen lernten, ist für die in Rede stehenden Bewegungen die Berührung der Blattoberseite mit Luft oder Wasser der einzig in Betracht kommende Massstab: nicht die Empfindung verschiedener Druckkräfte, sondern die Unterscheidung des Aggregatzustandes des die Oberseite berührenden Mediums bestimmt die Bewegung der Lamina. Diese Thatsache ergiebt sich aus folgenden Wahrnehmungen. In den Versuchen, bei welchen ich *Hydrocharis* auf dem

Boden von Glasgefässen in tiefer Versenkung unter Wasser befestigte und durch Einbringung einer mit Luft gefüllten umgekehrten Glasglocke nahe über der Pflanze und tief unter dem eigentlichen Wasserspiegel ein zweites Niveau herstellte, richteten alle diejenigen neuen Blätter, welche das letztere erreichten, sobald dieses geschehen war, ihre Blattflächen ebenso entschieden und genau horizontal, wie unter gewöhnlichen Umständen, während sie vorher ihre Lamina in der bei untergetauchter Lage gewöhnlichen steilen Richtung gehalten hatten. Die Horizontalstellung erfolgte wie sonst ebenso schrittweise als der Stiel höher wurde in dem Masse, dass jeder Theil der Lamina eigentlich nicht aus dem Wasser hervorkam, sondern an der Unterseite immer mit der Flüssigkeit in Berührung blieb. Die schwimmende Lage auf diesem unteren Niveau blieb aber auch dauernd erhalten während der langen Zeit, die der Versuch fortgesetzt wurde. Die Bewegung war also erfolgt, obgleich die Lamina unter einem erhöhten Drucke sich befand, der einer tiefen Versenkung unter dem natürlichen Wasserspiegel entspricht. Ferner sind hier diejenigen Experimente heranzuziehen, bei denen ich an normal auf dem Wasser schwimmenden Individuen die an der Luft liegenden Oberseiten der Blattflächen mit einem gleichen Stücke feuchten Fliesspapieres belegte, um sie in ihrer natürlichen Lage und ohne einen erhöhten Druck anzuwenden dennoch mit Flüssigkeit benetzt zu erhalten. Hierbei war der gewöhnliche zuerst bemerkbare Erfolg, dass die Lamina ihre bisherige horizontale Richtung verlor und sich unter Erhebung des acropetalen Endes mehr oder weniger in gleicher Weise steil stellte wie unter gewöhnlichen Umständen bei untergetauchter Lage. Es wird also hierdurch auch bewiesen, dass die Benetzung der Oberseite mit Wasser allein den Transversalgeotropismus des Laminagrundes ausser Kraft setzt und den über den ganzen Stiel bis in die Lamina hineinreichenden gewöhnlichen negativen Geotropismus in ungehinderte Wirksamkeit treten lässt. — Mit diesem Resultate stehen alle obigen Angaben über die Richtung der Blattflächen im Einklange. Wir begreifen auch, wie unter anderem die grosse Bestimmtheit, mit welcher die Blattflächen sich immer erst beim Hervortauchen aus dem Wasser transversal stellen, und die Genauigkeit, mit welcher diese Einstellung der allmählichen Erhebung der folgenden Laminatheile schrittweise folgt, viel besser aus der soeben nachgewiesenen Abhängigkeit sich erklärt als aus der Empfindlichkeit für Veränderung der Druckkräfte, welche eben eine plötzliche Reaction nicht verursachen könnte und offenbar nicht entfernt eine solche Genauigkeit der schwimmenden Lage erzielen würde.

So ist offenbar auch dem Falle vorgebeugt, dass die Lamina, wenn sie, was immer geschieht, wegen ihrer steilen Richtung, zuerst nur mit ihrer Spitze den Wasserspiegel erreicht hat, in dem Bestreben horizontale Richtung einzunehmen, sich von demselben wieder zurückzieht. Die äusserst geringe Druckdifferenz, welche zwischen einer Lage auf dem Wasserspiegel und unmittelbar unter ihm besteht, würde kaum einen bestimmten, unfehlbar zum Ziele führenden Eindruck auf die Pflanze hervorbringen können. Wenn aber die Pflanze hierbei handelt nach ihrer Beurtheilung, ob Luft oder Wasser die Oberseite ihres Blattes berührt, so muss in dem angezogenen Falle nach abermaligem Untertauchen des schon emers gewordenen Laminastückes sogleich wieder der negative Geotropismus sich geltend machen, also das Ende der Lamina unfehlbar wieder hervortauchen. So werden aber die beiden entgegengesetzten Wirkungen die Blattfläche in keiner andern Lage erhalten als in derjenigen, wo das bereits über Wasser gehobene Stück mit der Unterseite dem Wasserspiegel aufliegt; und dies muss fortgehen, so lange bis endlich in Folge weiterer Stielstreckung die ganze Blattfläche auf den Wasserspiegel gehoben ist. Und auch in dieser Lage merkt das Blatt noch unausgesetzt sorgfältigst auf jede Abweichung ihrer Lage vom Wasserspiegel, die durch die Richtungsveränderung der Stiele und bei der schwanken Lage der ganzen Pflanze auf ihrem natürlichen Wohnplatze nur allzu leicht und allzuoft eintreten kann, um dieselbe sofort durch die entsprechenden Articulationsbewegungen auszugleichen, bis endlich die Blattfläche vor Alter starr wird zu einer Zeit, wo dann in der Regel neue Blätter die älteren ersetzt haben, und ihr Dienst zu Ende ist.

Der Umstand, dass alle Blattflächen eines Stockes in einer und derselben Ebene liegen, ist nichts weiter als die unmittelbare Folge der schon besprochenen Erscheinungen, dass die Stiele immer bis an das Niveau heraufwachsen, dass sie sich rückwärts neigen, wenn sie noch länger werden, und dass jede Lamina sich selbst in horizontale Richtung versetzt.

Fassen wir nun in Kürze die Hauptresultate des Vorausgehenden zusammen, so ergiebt sich, dass *Hydrocharis* folgende für alle möglichen Fälle ausreichende Mittel besitzt, um ihre sämmtlichen Blattflächen jederzeit in horizontale Schwimmlage auf dem Wasserspiegel zu versetzen.

1) Hat sich die Ueberwinterungsknospe seit ihrem Vegetations-

beginne wenigstens mit einem Blatte, wenn auch nur vorübergehend, an der Oberfläche des Wassers befunden (was unter gewöhnlichen Verhältnissen immer geschieht), so ertheilt sie dem Stiele dieses und jedes folgenden Blattes ein Längenwachsthum, welches so lange kräftig andauert, bis der auf der Blattfläche lastende Druck des Mediums dem gewöhnlichen Atmosphärendrucke, wie er auf dem Wasserniveau herrscht, gleich geworden ist, und dafern der Stiel seine Streckungsfähigkeit überhaupt noch nicht vor Alter verloren hat, wieder in früherer Energie sich erneuern kann, wenn jener Druck durch Untertauchen unter Wasser wieder vergrössert wird. — Ausser dieser Beurtheilung der Druckkräfte besitzt jedes Blatt eine Unterscheidungsgabe hinsichtlich des Aggregatzustandes des die Blattoberseite berührenden Mediums und vermag lediglich hiernach ebenfalls dem Stiele ein kräftigeres Wachsthum zu ertheilen, wenn, nachdem die schwimmende Lage schon erreicht ist, die Oberseite der Lamina von dünner Wasserschicht überzogen wird.

2) Die Stiele der *Hydrocharis* sind ihrer ganzen Länge nach negativ geotropisch, so lange ihre Lamina nicht an der Luft sich befindet. Geschieht letzteres, so tritt an Stelle des negativen Geotropismus Transversalgeotropismus ein, kraft dessen sich der Stiel derart auswärts zu neigen beginnt, dass seine morphologische Oberkante zenithwärts gekehrt ist. Das Mass dieser Neigung ist aber genau abhängig von der Lage der Lamina zum Wasserspiegel: sie setzt sich, wenn die letztere oberhalb desselben liegt, nur so lange fort, bis diese und so lange sie das Niveau berührt, weil andernfalls der negative Geotropismus wieder in Kraft treten muss.

3) Die Insertionsstelle der Lamina ist gleich dem ganzen übrigen Blattstiele bei submerser Lage der Lamina mit negativem Longitudinalgeotropismus ausgerüstet, wodurch diese unter solchen Umständen mehr oder minder steil aufgerichtet wird. Bei Berührung der Laminaoberseite mit Luft nimmt dagegen das genannte letzte Querstück des Stieles einen sehr empfindlichen Transversalgeotropismus an, welcher die Einstellung des Querdurchschnittes jenes Stückes und somit die der Laminafläche in horizontale Richtung zur Folge hat. — Ausserdem bleibt unter diesen Umständen ein bald kürzeres, bald längeres, unmittelbar vorhergehendes Endstück des Stieles negativ geotropisch, und die dadurch herbeigeführte Aufrichtung dieses Theiles wird zumal bei verkehrter Lage des Blattstieles als Hülfsmittel zur Annäherung der Lage der Lamina an die Wasseroberfläche angewendet.

4) Heliotropismus ist in den bei anderen Pflanzen damit ausge-

rüsteten Theilen des Blattes bei *Hydrocharis* zwar nicht vollständig vernichtet, aber doch auf ein so schwaches Mass reducirt, dass er bei einseitig stärkerer Beleuchtung unter gewöhnlichen Verhältnissen niemals die horizontale Lage der Blattflächen auf dem Wasserspiegel zu stören vermag.

Nachdem wir an einer Pflanzenart eingehender die Ursachen der schwimmenden Lage der Blätter erforscht haben, sei es erlaubt, das Verhalten einiger anderer Schwimmpflanzen, sowie einige verwandte Erscheinungen in Kürze vergleichsweise zu besprechen.

Bei *Trapa natans* steht die Rosette schwimmender Blätter auf dem Ende des vom Boden des Gewässers aus emporgewachsenen langen Stengels. Im Ganzen sind die Internodien gestreckt; nach oben hin werden sie kürzer, und diejenigen, welche zu den die Rosette bildenden Blättern gehören, sind ausserordentlich verkürzt, so dass die letzteren unmittelbar übereinander befestigt sind. Die Terminalknospe, die das Herz der Rosette einnimmt, steht ganz nahe unter dem Niveau; die Stiele der schwimmenden Blätter müssen sich daher fast rechtwinklig zum Stengel richten und beinahe horizontale Lage einnehmen. Meistens bilden sehr zahlreiche Blätter die Rosette; die ältesten haben die längsten Stiele, und ihre Blattflächen stehen daher in der äussersten Peripherie, und so fort bis zu den jüngsten, welche die kürzesten Stiele haben und der Terminalknospe am nächsten stehen. Uebrigens gestattet die rhombische Form der Blattflächen ein sehr nahes Beieinanderliegen derselben ohne Gefahr einer gegenseitigen Ueberdeckung, indem der einer Blattfläche ähnliche rhombische Zwischenraum, der zwischen je vier bei einander liegenden Blättern übrig bleibt, immer von einem fünften nach Art des Quincunx eingenommen wird. — Die Blätter der tieferen Stengeltheile sind spreitelos, und die der Rosette vorangehenden submersen wenigstens in der Grössenentwickelung der Lamina zurückgeblieben.

Der morphologische Unterschied zwischen *Trapa* und *Hydrocharis* beruht hiernach nur darauf, dass bei ersterer auch durch das Wachsthum des Stengels die Lage der Blattrosette auf dem Wasserspiegel regulirt wird. Wenn der Spross mit seinem Ende die Oberfläche des Wassers erreicht, so lässt die Streckung der in diesem Zeitpunkte im Wachsen begriffenen Internodien nach und wird alsbald ganz eingestellt, so dass nun die Blätter rosettenartig dicht übereinander stehen bleiben müssen. Da jedoch gemäss des ganzen Wachsthumsmodus des Stengels die Scheidung zwischen gestreckten

und verkürzten Internodien keine plötzliche sein kann, so zeigen die untersten Internodien der Rosette hinsichtlich ihrer Länge einen allmählichen Uebergang zu den tieferen langgestreckten. Es können also die ersten Blätter, mit denen der Spross auf der Wasserfläche erschien, nicht dauernd schwimmend bleiben, indem sie wegen der noch erfolgenden geringen Streckung der nächsten Internodien etwas unter Wasser zurückgeschoben werden. Dagegen werden dann die Blätter aller folgenden wirklich verkürzt bleibenden Internodien dauernd auf dem Wasser erhalten, und die Rosette vergrössert sich nun fortwährend. — Wie *Hydrocharis* hat aber auch *Trapa* in der Bemessung der Streckung der Blattstiele ein Mittel, die Blattflächen schwimmend zu erhalten, indem die ältesten Blätter entsprechend ihrer stärksten Neigung nach aussen und der grössten Entfernung vom Insertionspunkte, in welcher ihre Blattflächen sich anordnen müssen, die längsten Stiele bekommen, und indem dieses Mass an den folgenden jüngeren Blättern genau im Sinne dieses Bedürfnisses gemindert ist.

Ausser durch die unmittelbare Anschauung lässt sich auch durch folgendes Experiment erweisen, dass *Trapa* in der That mit den eben angegebenen beiden Mitteln arbeitet. Ich setzte einen Spross dieser Pflanze, welcher am Ende eine schwimmende Rosette trug, in ein mit Wasser gefülltes am Fenster stehendes Glasgefäss und befestigte den Stengel derart auf dem Boden, dass die Rosette 46 Mm. unter der Wasseroberfläche submers war. Zugleich wurde die Stielinsertion eines bestimmten Blattes, welches eines der ältesten also tiefstinserirten der Rosette war, markirt und ihre Entfernung vom Niveau zu 60 Mm. notirt. Unter solchen Verhältnissen wurde die Pflanze einige Wochen lang erhalten und ihre Veränderungen beobachtet. Während am Anfange des Versuches sämmtliche Blattflächen genau in einer einzigen Ebene sich befanden, kam jetzt alsbald Unordnung in die Lagen derselben, indem sie höher oder tiefer standen und der Horizontalebene nicht mehr genau parallel waren. Im Allgemeinen blieb aber doch zunächst die Rosette beisammen: es zeigte sich, dass sie im Ganzen gehoben wurde, und zwar vermöge einer wiederbeginnenden Streckung ihrer untersten Internodien, und zugleich durch ein Längerwerden aller einzelnen Blattstiele. Dieser Prozess dauerte fort so lange die Rosette submers blieb; und da hierbei die Entfernung bis zum Wasserspiegel eine beträchtliche war, so liess sich verfolgen, wie die ältesten Internodien und deren Blattstiele nach einander ihre Streckungsfähigkeit verloren. Die bezeichneten Blätter blieben daher dauernd submers und starben mit der Zeit ab. So kam es, dass die Rosette sich verjüngte und dass

sie als sie nach einigen Wochen das Niveau wieder erreicht hatte, so gut wie gänzlich aus neuen Blättern bestand: diejenigen, welche am Anfange des Versuches noch in der Knospenlage sich befanden, nahmen jetzt fast die äusserste Peripherie der Rosette ein. Bis zu dieser Zeit hatte sich mithin die Rosette um 46 Mm. gehoben. Die Entfernung der markirten Stielinsertion vom Niveau betrug aber jetzt 38 Mm. Letzteres beweist, dass in der That der Stengel in seinen der ganzen Rosette vorausgehenden Internodien der abermaligen Streckung fähig ist, um die untergetauchte Rosette auf den Wasserspiegel zu erheben. Das Auseinanderrücken der Insertionen der Anfangs die Rosette bildenden gedrängt stehenden Blätter beweist ferner, dass wenn jene Streckung nicht hinreicht, sie sich auch auf die Internodien der Rosette selbst fortsetzen kann, die unter normalen Verhältnissen dauernd verkürzt bleiben würden. Indessen war doch jetzt die Knospe ein beträchtlicheres Stück unter dem Niveau geblieben als sonst, wo sie beinahe mit der Rosette in einer Ebene liegt; diese Entfernung betrug ungefähr 23 Mm. Es waren daher die Blattstiele, und sogar die der jüngeren Blätter, ziemlich gestreckt und hatten ausserdem eine sehr steil aufrechte Richtung. Letztere war an den jüngeren Blättern der Verticale am meisten genähert, und um so weniger je weiter das Blatt vom Mittelpunkte der Rosette entfernt lag, immer wie es die Lage der Lamina auf dem Wasserspiegel erheischte. Aus diesem Verhalten ergiebt sich ferner, dass auch die Blattstiele, indem sie das Mass ihrer Längsstreckung und ihre Neigung gegen den Horizont entsprechend den Niveauverhältnissen reguliren, zur schwimmenden Lage der Lamina beitragen, gerade wie dieses bei *Hydrocharis* der Fall ist. Endlich sei noch bemerkt, dass auch hier eine ähnliche Articulation der Lamina am Blattstiele besteht wie bei *Hydrocharis,* indem dieselbe, um schwimmend zu bleiben, sehr verschieden grosse Winkel mit dem Stiele bilden muss, je nachdem derselbe sehr steile oder sehr geneigte Richtung besitzt, wie gleichfalls aus diesem Versuche sowie aus der Betrachtung einer jeden Rosette erhellt.

Um nun die Beziehung dieses Verhaltens der *Trapa* zur Gravitation oder zum Lichte zu ermitteln, setzte ich eine in gewöhnlicher Lage auf Wasser schwimmende Pflanze eine Woche lang ins Dunkle. Das Resultat war, dass die vorher schon fertig gewesenen Blätter auch unter diesen Umständen schwimmend geblieben waren, dass dagegen die inzwischen aus der Knospe gekommenen neuen Blätter sich mit dem Stiele senkrecht aufgerichtet hatten und mit der ganzen Lamina und dem Stielende in der Luft standen, wobei die Blatt-

flächen, die übrigens mit Ausnahme der Spitzen etiolirt waren, ebenfalls steil aufrechte Richtung besassen und nicht ganz ihre Knospenlage verloren hatten, indem sie an der morphologischen Oberseite schwach concav waren. Die zwei ersten Blätter, die unter diesen Umständen gebildet wurden, senkten sich zwar, nachdem sie vertical hervorgekommen waren, zunächst ziemlich weit gegen den Wasserspiegel, erhoben sich aber bald wieder und kamen in die bezeichnete Stellung, welche sie nun nicht wieder verliessen. Das dritte und vierte Blatt nahmen ohne weiteres aufrechte Stellung an. Hierauf wurde das Gefäss wieder der Beleuchtung ausgesetzt. Nach Verlauf eines Tages hatte sich das jüngste Blatt bereits soweit niedergebeugt, dass die Lamina genau schwimmende Stellung einnahm. Es muss hierbei bemerkt werden, dass das Gefäss absichtlich in einiger Entfernung hinter dem Zimmerfenster aufgestellt worden war und somit ziemlich einseitige Beleuchtung empfing. Das eben genannte Blatt stand nun dem Fenster zugekehrt, und die stärkere Beleuchtung durch das Fenster hatte also seine morphologische Unterseite getroffen. Die drei anderen Blätter, welche hierbei mehr oder weniger an der morphologischen Oberseite stärker beleuchtet wurden, hatten um diese Zeit nur wenig sich rückwärts zu neigen begonnen, und erst nach mehreren Tagen waren sie in schwimmende Lage gekommen. Dabei wurde bemerkt, dass an den genannten drei Blättern die Neigung während der Nacht immer wieder etwas gemindert wurde durch negativ geotropische Aufrichtung, so dass die Blätter am Morgen immer steiler standen, als am Abend vorher. Indessen war doch die Neigung während der täglichen Beleuchtung etwas grösser als die Erhebung in der Nacht, so dass die Bewegung täglich ihrem Ziele näher kam. Die Blattflächen behielten, solange sie noch in der Luft sich befanden, ihre schwache Concavkrümmung an der Oberseite, erhielten aber wenn sie mit dem Wasserspiegel zusammentrafen, allmählich ebene bis unterwärts schwach concave Form. Die Pflanze blieb nun unter diesen Verhältnissen noch einige Zeit stehen. Jene Blätter blieben dabei dauernd in schwimmender Lage, und drei neue Blätter, welche nun gebildet wurden, nahmen wie gewöhnlich sogleich ihre Lage auf dem Wasserspiegel ein.

Aus Vorstehendem ergiebt sich, dass bei *Trapa* diejenigen Richtungen der Blattstiele und Blattflächen, welche die schwimmende Lage des Blattes herbeiführen, nicht wie bei *Hydrocharis* durch die Schwerkraft, sondern allein durch das Licht bewirkt werden. Je weiter die zufällige Richtung des Blattes von derjenigen Lage zur Richtung stärkster Beleuchtung, die als das Ziel der Bewegung zu

betrachten ist, abweicht, mit desto grösserer Energie und Schnelligkeit vollziehen sich die Bewegungen, wie aus dem letzten Experimente gleichfalls hervorgeht. — Es war mir unerwartet, bei *Trapa*, die doch als Schwimmpflanze der *Hydrocharis* sich innig anreiht, eine solche Abweichung in der Ursache der fraglichen Bewegungen zu finden, um so mehr, als bei schwimmenden Blättern eine Unabhängigkeit von der Beleuchtungsrichtung als unleugbar zweckmässiger Umstand sich erweist. Allein ob Etwas zweckmässig ist oder nicht, lässt sich nur aus der Würdigung der besonderen Verhältnisse, für die, und der Umstände, unter denen es geschaffen ist, ermessen; und wenn man daran festhält, so glaube ich, dass diese Sache eine einfache Erklärung findet. *Hydrocharis* kommt eigentlich nur in kleineren Gewässern vor: Tümpel und Wassergräben sind ihr gewöhnlicher Standort; und auch hier hält sie sich vorwiegend nur am Rande des Gewässers auf. Erhebung des umgebenden Terrains, die hohe Vegetation der Uferpflanzen und Gebüsche müssen hier eine ringsum gleichmässige Beleuchtung der *Hydrocharis* in der Regel verhindern. Die Pflanze konnte mithin ihre natürliche Schwimmlage nur dann annehmen und behalten, wenn sie eben die Abhängigkeit ihrer Blattrichtungen vom Lichte verlor, wenn sie mithin nur zur Schwerkraft eine bestimmte Beziehung unterhielt. *Trapa* dagegen wächst vorzugsweise in grösseren Gewässern, wie Seen und Fischteichen, und sie liebt mehr die freie Höhe denn die Ränder derselben. Dort giebt es aber in der Regel keinen Schatten, und die Pflanze befindet sich mithin bei ihrer natürlichen Schwimmlage auch mit der Richtung der Beleuchtung in einer bestimmten Beziehung. Es war somit keine Veranlassung, dass sie im Kampfe ums Dasein die sonst den Blättern so vielfach eigenen Beziehungen zum Lichte abzulegen brauchte. Wohl möglich, dass auch die Verschiedenheit der beiderlei Ahnen, von denen diese Pflanzen ihre Descendenz ableiten, hierbei von Einfluss gewesen ist. *Trapa* hat in ihrer nächsten Verwandtschaft Gewächse, die sich als mehr oder weniger entschiedene Landpflanzen mit transversalheliotropischen Blättern zu erkennen geben. Die mögliche nahe Abkunft der *Trapa* von solchen liesse die grössere Stabilität jenes Merkmales an ihr natürlich erscheinen. Die nur aus Wasserpflanzen bestehende Familie der *Hydrocharideen* steht dagegen im Systeme so isolirt, dass ihre Descendenz von Gewächsen, deren Blätter die gewöhnlichen Beziehungen zum Lichte besitzen, jedenfalls eine ungleich weitläufigere gewesen ist, als bei *Trapa*, wenn sie überhaupt eine solche gehabt hat. —

Es mag nur erwähnt werden, dass auch andere Wasserpflanzen

mit schwimmenden Blättern in der Hauptsache sich wahrscheinlich den besprochenen Fällen anreihen. Bei *Nymphaea alba* und *Nuphar luteum* findet man die Blattstiele, welche hier von dem bodenständigen Rhizome entspringen, in ihrer Länge jedesmal der Entfernung bis zum Wasserspiegel ungefähr entsprechend, was bei Vergleichung tiefer und seichter Standorte sehr deutlich ist. Die Blattflächen haben, so lange sie unter Wasser sind, mehr oder weniger steile Richtung und nehmen erst auf dem Wasserspiegel horizontale Lage an.

Mit der Eigenthümlichkeit schwimmender Blätter, durch entsprechende Streckung der Stiele aus ihrem Substrate in das ihnen allein zusagende Medium der Luft sich zu versetzen, steht eine andere Eigenthümlichkeit bei den Landpflanzen in naher Beziehung, nämlich dass die aus unterirdischen Theilen über den Boden heraufwachsenden Glieder zu diesem Zwecke in dem Masse ihrer Längsstreckung nach der Tiefe des Punktes sich richten, von welchem sie entspringen. So wachsen die aus Rhizomen, Zwiebeln etc. hervorgehenden epigäen Sprosse und Blattstiele immer soweit in die Länge bis sie aus der Erde herauskommen. Zumal aber ist es bei der Keimung der Samen sehr deutlich, wie je nach der Tiefe, in welchen die letzteren ausgelegt sind, die sich streckenden oberen Keimtheile verschiedene Länge annehmen müssen um die Oberfläche des Bodens zu erreichen. Es liegt zwar nahe, hierbei an die Wirkung der Dunkelheit zu denken, welcher die betreffenden Theile im Boden ausgesetzt sind, weil man von allen derartigen Gliedern weiss, dass Lichtmangel an ihnen in ausgeprägter Weise Etiolement mit überaus geförderter Längsstreckung hervorbringt. Nach unseren Ergebnissen an den Wasserpflanzen gewinnt indess die Frage Berechtigung, ob auch in diesen Fällen die Beschaffenheit des Substrates das Längenwachsthum regulirt.

Es kam mir zunächst darauf an zu constatiren, dass und wie die Streckung aufwärtswachsender Keimtheile in gewissen Einzelfällen von der Tiefe der Versenkung im Boden abhängig ist. Ich verglich zu diesem Zwecke an folgenden Gewächsen die Längen der betreffenden Theile einmal bei oberflächlicher, das andere mal bei tief versenkter Aussaat. Beiderlei Versuche wurden gleichzeitig in nebeneinanderstehenden Blumentöpfen, die mit weissem Sande gefüllt waren, zur Sommerszeit angestellt.

Linum usitatissimum hat bekanntlich epigäe Cotyledonen; hier ist also das hypokotyle Stengelglied das der Streckung fähige. Das untere Ende desselben liegt an der Stelle, wo der Samen ausgelegt war, das obere Ende ist durch die Cotyledonen bezeichnet. Die Länge desselben an erwachsenen Keimpflanzen, deren Samen ober-

flächlich ausgelegt waren, bestimmte ich an einer Anzahl solcher zu durchschnittlich 27 Mm. Bei Aussaat in der Tiefe ist an dem erwachsenen hypokotylen Gliede der von der Aussaatstelle bis zur Bodenoberfläche reichende Theil und der über dem Boden stehende zu unterscheiden. Die Länge beider Stücke und des Ganzen giebt nachstehende Tabelle.

№	Entfernung der Aussaatstelle von der Bodenoberfläche.	Länge des über dem Boden stehenden Stengelstückes.	Länge des ganzen hypokotylen Stengelgliedes.
1	53 Mm.	2 Mm.	55 Mm.
2	63 =	0 =	63 =
3	53 =	13 =	66 =
4	45 =	19 =	64 =
5	57 =	0 =	57 =

In den Fällen, wo die Streckung des hypokotylen Gliedes die Cotyledonen nur bis an den Boden heraufgebracht hatte, war offenbar die Tiefe der Aussaat schon eine zu grosse, wie denn einige andere Individuen auch gar nicht über den Boden gekommen waren. Uebrigens sei bemerkt, dass die angegebenen Zahlen immer die geradlinigen Distanzen der betreffenden Punkte des Keimstengels bedeuten, dass letzterer aber oft kleine Krümmungen, zum Theil pfropfzieherartige Windungen zeigte, die von Widerständen des Bodens beim Aufwachsen herrührten.

Bei *Lepidium sativum* zeigt der Keimling denselben Wachsthumsmodus. Bei oberflächlicher Aussaat ist als durchschnittliche Länge des erwachsenen hypokotylen Gliedes etwa 20 Mm. anzunehmen. Bei versenkter Aussaat wurden dagegen diese Theile zu folgenden Längen gemessen: 39,5, 36,5, 45,5, 36.

Tropaeolum majus hat hypogäe Cotyledonen. Hier wird also das erste Internodium, welches auf die Cotyledonen folgt, in dem erforderlichen Grade gestreckt. Bei oberflächlicher Aussaat erzogene Keimlinge hatten eine durchschnittliche Länge des genannten Stengelgliedes im ausgebildeten Zustande von 36 Mm. Bei tief versenkter Aussaat erzogene Keimlinge hatten dagegen folgende Längen angenommen.

№	Entfernung der Aussaatstelle von der Bodenoberfläche.	Länge des über dem Boden stehenden Internodienstückes.	Länge des ganzen ersten Internodiums.
1	91 Mm.	36 Mm.	127 Mm.
2	72 =	33 =	105 =
3	84 =	27 =	111 =
4	85 =	33 =	118 =
5	69 =	40 =	109 =
6	74 =	26 =	100 =
7	76 =	31 =	107 =
8	60 =	25 =	85 =
9	70 =	28 =	98 =

Der Keimling von *Pisum sativum* hat ebenfalls hypogäe Cotyledonen, aber es sind mehrere auf die Cotyledonen folgende Internodien zur Streckung bestimmt. Diese tragen nur kleine Rudimente von Laubblättern, an denen eigentlich nur die Nebenblätter einigermassen ausgebildet sind. Das dritte Blatt ist in der Regel erst ein vollständiges Laubblatt. Die Längen dieser drei Internodien an Keimlingen bei oberflächlicher Aussaat sind in der folgenden Tabelle für eine Anzahl von Individuen aufgezeichnet.

№	Entfernung der Samen von dem ersten Blattrudimente.	zweiten Blattrudimente.	dritten und fertigen Laubblatte.
1	6 Mm.	9 Mm.	32 Mm.
2	5,5 =	8 =	19 =
3	8 =	13 =	40 =
4	6 =	11 =	21 =
5	4,5 =	7 =	23 =
6	10 =	14 =	33 =
7	6 =	9,5 =	26 =

Wie dagegen bei tieferer Aussaat die Verhältnisse sich gestalten, giebt folgende Tabelle an.

№	Entfernung der Samen von der Bodenoberfläche.	dem ersten Blattrudimente.	dem zweiten Blattrudimente.	dem dritten und fertigen Laubblatte.
1	46 Mm.	35,5 Mm.	42 Mm.	52 Mm.
2	59,5 =	54 =	62 =	84 =
3	65,5 =	54 =	61 =	70 =
4	53 =	30 =	47 =	58 =
5	74 =	56 =	79 =	(Das Blatt noch in der Knospe.)
6	69 =	34 =	50 =	(Das Blatt noch in der Knospe und noch unter der Erde.)

Aus diesen Messungen ist ersichtlich, wie es an jeder Keimpflanze gewisse Theile der Keimaxe giebt, die einer bedeutenden Streckung fähig sind, bei oberflächlicher Lage oder sehr seichter Vertiefung des Samens jedoch zu mässiger Länge anwachsen, bei tieferer Lage aber sich in dem Masse zu verlängern vermögen, dass wenigstens die zum Leben in der Luft bestimmten Theile des Keimpflänzchens dadurch über den Boden gehoben werden, dafern die Tiefe nicht so gross ist, dass sie überhaupt durch Wachsthum des Keimstengels nicht bewältigt werden kann. Dabei ist zwar das auch dann noch über dem Boden sich bildende Stück des in Rede stehenden Gliedes im Allgemeinen kürzer als das bei oberflächlicher Aussaat über dem Boden stehende ganze Glied. Indessen es kommt auch nicht selten vor und ist besonders deutlich aus den Angaben über *Tropaeolum majus* zu ersehen, dass das Stengelglied, obgleich es schon aus grosser Tiefe heraufgewachsen, dennoch oberhalb des Bodens noch eine Länge annehmen kann, die derjenigen nicht nachsteht oder wohl noch überlegen ist, welche bei oberflächlicher Aussaat dieses ganze Glied über dem Boden erreicht.

Die Frage nun, ob dieses geförderte Längenwachsthum hier nur als die Folge der Dunkelheit des Bodens, d. h. als Etiolement, oder ebenso wie die analoge Erscheinung bei den Schwimmpflanzen als Wirkung der Berührung mit einem unnatürlichen Medium zu betrachten ist, kann nur gelöst werden durch Anwendung eines durchleuchtbaren, im Uebrigen aber den Boden ersetzenden Mediums. Ich war Anfangs der Meinung, dass ich durch Anwendung von Wasser diesen Bedingungen gerecht werden könnte. Allein die Versuche schlugen hier bei allen angewendeten Sämereien mit Ausnahme einer einzigen fehl, indem die Samen, wenn sie gänzlich mit Wasser bedeckt

sind, nicht keimen, sondern faulen. Nur mit *Lepidium sativum* war ich glücklicher. Eine runde Glasplatte wurde mit weisser Gaçe überzogen, und auf der einen Seite wurden unter der letzteren die Samen ausgelegt. Diese Vorrichtung kam auf den Boden eines Glasgefässes zu liegen, so dass die mit den Samen beschickte Seite nach oben gekehrt war. Darüber wurde Wasser gegossen, jedoch zunächst nur soviel, dass die Samen von einer dünnen Wasserschicht überzogen waren, um die Diffusion mit der Atmosphäre möglichst wenig zu beeinträchtigen. Nachdem die Keimung begonnen hatte, füllte ich das Gefäss etwas höher mit Wasser an. Die aufwärtswachsenden Keimtheile traten durch die Lücken der Gaçe heraus, die hypokotylen Stengelglieder richteten sich vertical aufrecht, die Cotyledonen breiteten sich wie in der Luft aus und erhielten grüne Farbe, trotzdem sie ganz von Wasser umgeben waren. Eine ungewöhnliche Streckung des hypokotylen Stengelgliedes trat aber nicht ein, die Cotyledonen blieben gänzlich unter Wasser, waren dabei lebendig und verrichteten ihre Functionen, wie die lebhafte Gasblasenabscheidung bei Insolation bewies. So wurde die Cultur gehalten bis der vollständige Abschluss der Streckung der hypokotylen Stengelglieder eingetreten war und die Plumula zu erstarken begann. Nachdem in dieser zweiten Periode noch einige Tage verstrichen waren, wobei sich bestimmt zeigte, dass keine Verlängerung jenes Stengelgliedes mehr stattfand, wurde der Versuch abgebrochen. Die hypokotylen Stengelglieder der ganz submers gebliebenen Pflänzchen waren nicht über 12 und nicht unter 9 Mm. lang, im Durchschnitte 10,4 Mm. Das ist aber sogar noch eine geringere Länge als die gewöhnliche von 20 Mm. im Durchschnitte, zu welcher das hypokotyle Glied in der Luft heranwächst, welche Verkürzung man vielleicht auf Rechnung der enormen Längenentwickelung setzen muss, welche die Wurzeln im Wasser annehmen.

Es schien mir jedoch wünschenswerth, auch über die Wirkung oder Wirkungslosigkeit eines festen Substrates, welches dem Lichte den Zugang verstattet, experimentell zu entscheiden, wobei zugleich sichere Aussicht vorhanden sein musste, auch diejenigen Landpflanzen in den Kreis der Untersuchung ziehen zu können, welche eine Keimung im Wasser nicht vertragen. Grobkörniger weisser Sand oder kleine farblose Glasperlen liefern einen Boden, welcher in mässig dicken Lagen, die im ersteren Falle jedoch dünner sein müssen, als im letzteren, noch viel Licht hindurchlässt. Da aber auch diese Substrate in der für tiefe Versenkung erforderlichen Dicke dunkel sind, so richtete ich verticale Schichten von entsprechender Dünne

her, in welche die Samen in beliebiger Tiefe ausgelegt wurden. Ich verband je zwei Glastafeln in paralleler Richtung unbeweglich mit einander, die einen in einer Distanz von 5—6 Mm., die anderen in einer solchen von 16 Mm. und stellte dieselben in verticale Richtung. Der Zwischenraum zwischen den ersteren wurde mit grobkörnigem weissem Sande gefüllt und war für kleinere Sämereien — *Lepidium sativum* und *Linum usitatissimum* — bestimmt; die andere Vorrichtung wurde mit farblosen Glasperlen von $2\frac{1}{2}$ Mm. grösstem und $1\frac{2}{3}$ Mm. kleinstem Durchmesser beschickt und diente zur Aufnahme grösserer Samen — *Pisum sativum*. Da die Samen immer in die Mitte dieser Substratschichten ausgelegt wurden, so waren sie, ihre eigene Dicke nicht eingerechnet, höchstens durch eine Schicht jenes Substrates von halber Dicke von den Glastafeln getrennt. Ich überzeugte mich, dass eine Schicht des angewendeten Sandes von 3 Mm. und eine solche jener Perlen von 8 Mm. Dicke sehr viel Licht durchliess. Die Samen der eben genannten Pflanzen wurden in ungefähr derselben Tiefe unter die Oberfläche dieser Bodenschichten ausgelegt wie bei den Versuchen in gewöhnlichem Boden. Das Resultat war in allen Fällen übereinstimmend dieses, dass die sonst über die Bodenfläche hervortretenden Theile bestimmt unterirdisch blieben: sie ergrünten und suchten sich so wie es an der Luft geschieht auszubreiten. Dieses war aber unter diesen Umständen nur sehr unvollständig oder gar nicht möglich. Die Cotyledonen event. die Plumula blieben beinahe an derselben Stelle, wo die Samen ausgelegt waren; das diese Blätter tragende Stengelglied blieb kurz und zeigte sich oft stark krüppelartig gewunden und gekrümmt, desgleichen die ergrünten Blätter — ein Zeichen, dass die Pflanze hier die sonst bei Versenkung erfolgenden Streckungen nicht, vielmehr die normale Ausbreitung wie sie am Lichte in der Luft stattfindet, vorzunehmen bestrebt gewesen war.

Hiernach schliessen sich die Landpflanzen hinsichtlich der Ursachen der in Rede stehenden Wachsthumsverhältnisse den Wasserpflanzen mit schwimmenden Blättern nicht an. Letztere vermögen unmittelbarer mechanischer Einflüsse, die aus der Berührung mit der besonderen Art des Mediums entspringen, inne zu werden, und je nach dem Andauern oder Schwinden dieser Einflüsse das Längenwachsthum der Stiele zu fördern oder zu hemmen. Jene vermögen dagegen auf derartige Einflüsse nicht in dieser Weise zu reagiren: unabhängig von der Art und der mechanischen Einwirkung des Mediums richtet sich das Mass der Streckung der betreffenden Keimtheile nur nach den bekannten fördernden oder hemmenden Einwir-

kungen, welche durch Dunkelheit oder Beleuchtung erzeugt werden. In der That sind auch gerade alle die Keimtheile, welche bei tiefer Versenkung die Erhebung der oberirdischen Theile über den Boden vermitteln, in hohem Grade des Etiolements fähig, und wenn man die ausserordentlichen Längen berücksichtigt, zu welchen dieselben heranwachsen, wenn sie oberhalb des Bodens im Finstern sich entwickeln, so ergiebt sich, dass diese Streckungen vollkommen genügen, um jenes Resultat auch bei ungewöhnlich tief ausgelegten Samen hervorzubringen. Dies erklärt es aber auch vollständig, warum bei den Landpflanzen ein besonderes Hülfsmittel wie es bei den Schwimmpflanzen nothwendig ist, nicht erworben zu werden brauchte. Die echten Landpflanzen haben kaum je anders als in einem dunklen Boden gekeimt, und da musste allemal das Etiolement allein schon den Effekt hervorbringen. Ganz anders dagegen bei denjenigen Gewächsen, welche ohne eigentliche Wasserpflanzen zu sein, doch bei ihrem Standorte sehr oft in die Lage kommen müssen, unter Wasser sich zu entwickeln. In tiefen Gräben, Gruben und andern Bodenvertiefungen, die periodisch mit Wasser gefüllt sind, wächst nicht selten *Sagittaria sagittifolia* und *Alisma Plantago,* deren grundständige mit Spreiten versehene Blätter unter diesen Verhältnissen zu ganz ausserordentlichen Stiellängen anwachsen können und dadurch in den Stand gesetzt werden, ihre Lamina über den Wasserspiegel zu erheben. Wenn echte Landpflanzen dauernd einigermassen hoch überschwemmt sind, so tritt keine Streckung der Blattstiele oder sonst eines Organes ein, um die Blattflächen über Wasser zu bringen, eine Erscheinung, die ganz im Einklange steht mit den Resultaten der oben beschriebenen Keimversuche von *Lepidium* unter Wasser.

II. Richtung submerser Blätter.

Von einer gesetzmässigen Beziehung der Richtung submerser Blätter zum Horizonte lässt sich bei einer Anzahl Wasserpflanzen nicht reden; das sind diejenigen, bei denen diese Blätter geringe Breite und Dicke, aber ausserordentliche Länge haben und sich daher passiv ihrer Schwere überlassen und von den Bewegungen des Wassers getrieben werden, Eigenschaften, die sich oft auch auf die Stengel dieser Gewächse erstrecken. Eine andere Kategorie von Wasserpflanzen hat kurze oder doch mässig lange submerse Blätter, die einen bestimmten Winkel mit ihrem Stengel bilden können. An solchen Blättern ist ein zweifaches Verhalten zu beobachten. Ent-

weder halten sie eine bestimmte Richtung zur Verticale inne, sie sind nämlich mit ihrer Ebene der horizontalen Lage mehr oder weniger genähert, welche Richtung auch der Stengel einnehmen mag. Der Winkel, den das Blatt mit seinem Stengel bildet, ist also nach Richtung des letzteren verschieden und ändert sich mit dieser. Oder aber es besteht keine Beziehung der Richtung der Blätter zur Verticale, es bleibt vielmehr der Winkel zwischen Stengel und Blatt im Allgemeinen gleich, auch wenn der Stengel seine Richtung verändert, vorausgesetzt dass das Blatt in seinem natürlichen Medium submers sich befindet. Das erstere Verhalten ist nur denjenigen Blättern eigen, welche gleich den transversalheliotropischen Blättern der Landpflanzen einen differenten Bau beider Blattseiten besitzen, wobei die morphologische Oberseite als die für den Lichtgenuss vorzugsweise bestimmte sich kund giebt. Hierher gehört z. B. die Gattung *Callitriche,* sowie *Myriophyllum verticillatum* mit seinen oberen kammförmigen Blättern. Die fluthenden Stengel von *Callitriche* haben schiefe bis horizontale Richtung; nur die Endtheile sind etwas steiler aufwärts gerichtet. An allen Punkten des Stengels liegen die Blätter ungefähr horizontal, welche Richtung auch ihr Internodium haben mag, und zwar die eigentlich submersen ebenso wie die obersten, die auf der Wasserfläche schwimmen. Bei *Myriophyllum* sind die kammförmigen Blätter ebenfalls bestimmt wagerecht, indem sie von dem vertical aufrechten Stengel rechtwinklig abstehen. Das zweite Verhalten, welches durch den Mangel einer gesetzmässigen Beziehung der Blattrichtung zur Verticale charakterisirt ist, kommt z. B. den Najadeen, den Potameen mit submersen Blättern und den Ceratophylleen zu. Hier sind die Blätter nicht in der Weise mit einem differenten Baue zweier gegenüberliegender Seiten ausgestattet, dass nur die eine von beiden als die für den Lichtgenuss bestimmte erscheint. Die Blätter bilden hier rings um den Stengel ziemlich den gleichen Winkel mit diesem, und zwar in jeder Richtung, die derselbe zur Verticale einnimmt.

Wenn solche Gewächse aus dem Wasser in luftförmiges Medium gerathen, so tritt eine sehr auffällige Veränderung der eben dargelegten Blattrichtungen ein, durch welche erst die wahren Beziehungen aufgeklärt werden, in welchen sich dieselben zu den in verticaler Richtung wirkenden Naturkräften befinden. Von diesen Erörterungen sind selbstverständlich von vornherein diejenigen Gewächse auszuschliessen, deren submerse Blätter eine Vertauschung des flüssigen Mediums mit Luft überhaupt nicht vertragen, indem sie dabei alsbald vertrocknen, wie die *Najadeen* und *Potameen.* Dagegen

kommen z. B. die Arten von *Callitriche* beim Zurücktreten des Wassers oft am Ufer auf das Trockene und können bekanntlich auch unter solchen Umständen sich am Leben erhalten. Daher eignen sich diese sehr wohl zu Versuchen in der angegebenen Richtung. Wenn der Wasserspiegel soweit sinkt, dass die aufstrebenden Endstücke der Stengel von *Callitriche* frei in der Luft stehen, so bleiben die Blätter nicht in der bisherigen nahe horizontalen Lage, sondern richten sich meist in sehr auffälliger Weise steil abwärts. Die Krümmung erfolgt vorwiegend an der Basis des Blattes, und zwar derart, dass die morphologische Oberseite convex wird. Das Blatt legt sich also rückwärts dem Stengel an, wenn dieser ungefähr senkrecht steht. Hat derselbe dagegen eine schiefe oder horizontale Richtung, so wird es besonders deutlich, dass die Krümmung der Blätter lediglich zur Verticale in einer gesetzmässigen Beziehung sich befindet, indem auch dann die Blätter abwärts geneigt sind: die an der zenithwärts gekehrten Stengelkante inserirten schlagen sich neben dem Stengel niederwärts, die an der entgegengesetzten Kante sitzenden wenden sich vom Stengel ab; und die links und rechts inserirten verlassen die Medianebene ganz, indem sie sich zur Seite niederbeugen. Diese Bewegungen werden nicht nur an den oberen normal schwimmenden, sondern auch an allen submers gewesenen Blättern, mit Ausnahme der allerältesten beobachtet. Man kann sie immer hervorrufen, wenn man die genannten Gewächse in einen etwas feuchten, lufthaltigen Raum setzt.

Es könnte fürs Erste vermuthet werden, dass diese Abwärtskrümmung der Blätter in der Luft Folge einer Schlaffheit derselben sei, die nur in der Luft zum Ausdrucke kommt, weil nur hier die Blätter schwerer als ihr Medium sind. Diese Vermuthung wird aber widerlegt schon durch die ungemeine Schärfe, mit welcher die Krümmungen eintreten und welche an einem turgescenten und zugleich sehr leichten Körperchen wie es diese Blätter sind, nimmermehr die Form einer durch Schlaffheit bewirkten Senkung sein könnte. Sie wird ferner widerlegt durch die Thatsache, dass ältere Blätter, die keines Wachsthumes mehr fähig sind, an jenen Bewegungen nicht theilnehmen, obgleich gerade bei ihnen der Turgor der Gewebe gemindert ist und sie mit weit mehr Recht schlaff genannt werden könnten. Endlich verträgt sich aber diese Vermuthung durchaus nicht mit gewissen im Folgenden zu betrachtenden Erscheinungen, dass nämlich die Abwärtskrümmungen der Blätter beim Wiedereinsetzen in Wasser keinesfalls sofort, auch nicht nach mehreren Minuten, was doch dann der Fall sein müsste, wieder verschwinden, son-

dern dass dazu eine tagelange Dauer erforderlich ist, ja dass dieselben auch im Wasser unter ganz bestimmten äusseren Umständen dauernd erhalten bleiben. Man kann nach alledem die in Rede stehenden Bewegungen nur als aktive betrachten, hervorgebracht durch einen besonderen Wachsthumsmodus der Blattbasis. Welcherlei Ursachen diese Wachsthumsbewegungen auslösen und unter welchen Bedingungen dies stattfindet, soll durch die im Folgenden darzulegenden Versuche beantwortet werden.

1) Individuen von *Callitriche autumnalis* und *C. vernalis* wurden in einen inwendig feuchten vor Lichtzutritt geschützten Behälter gebracht. Nach einige Tage dauerndem Verweilen in der Dunkelheit hatten die Endstücke der Stengel, wo dies nicht schon anfangs der Fall war, sich genau vertical gestellt, und die Blätter waren jedesmal in ebenso ausgeprägte Abwärtskrümmung versetzt worden, wie es unter solchen Umständen bei Einwirkung des Lichtes zu geschehen pflegt. Hieraus folgt zunächst, dass die in Rede stehenden Bewegungen von der Lichtwirkung unabhängig sind, dass sie mithin bei ihrer bestimmten Beziehung zur Verticale nur als Wirkungen der Gravitation gedeutet werden können.

2) Eine Anzahl Individuen von *Callitriche autumnalis*, welche dem vorigen Versuche unterworfen gewesen waren, wurden darauf in Wasser gebracht, und zwar kam ein Gefäss mit solchen sogleich wieder ins Dunkle, während ein anderes der täglichen Beleuchtung ausgesetzt wurde. An den letzteren Individuen bemerkte man schon nach 24 Stunden, dass die Blätter der natürlichen Lage sich genähert hatten, und nach zwei- bis dreimal 24 Stunden war dieselbe wieder vollständig erreicht worden. Insbesondere hatten sich die Blattrosetten, welche die obersten schwimmenden Blätter bilden, wieder in früherer Vollständigkeit ausgebreitet, aber auch die submersen Blätter standen wieder ziemlich wagerecht; nur die ältesten hatten sich nicht oder sehr unvollständig in die neue Lage begeben. — Diejenigen Individuen dagegen, welche gleichzeitig unter genau denselben äusseren Umständen, jedoch unter dauerndem Ausschlusse der Beleuchtung wieder ins Wasser gesetzt worden waren, und welche nach zweimal 24 Stunden das erste Mal zur Betrachtung ans Licht gebracht wurden, zeigten dabei noch sämmtliche Blätter in der geneigten Richtung, die sie vorher während ihres Verweilens in der Luft angenommen hatten. Sie wurden dann noch mehrere Tage im Wasser unter Abschluss des Lichtes gehalten, ohne dass sich auch nur im Entferntesten ein anderes Resultat herausstellte. Nachdem länger als eine Woche vergeblich auf eine Veränderung gewartet worden war, brachte

ich die Cultur dauernd ins Helle. Schon nach kurzer Zeit war jetzt der Anfang der Bewegung unverkennbar, und nach einigen Tagen hatten sich alle Blätter, die noch am Leben waren (während der langen Verdunkelung hatte das Absterben der Blätter von den ältesten an ziemliche Fortschritte gemacht), wieder horizontal gestellt. — Diese Versuche beweisen, dass die Bewegungen, welche die horizontale Richtung dieser Blätter zum Ziele haben, und mithin diese Richtungen selbst als alleinige Effecte der Beleuchtung zu betrachten, mit anderen Worten, dass die in Rede stehenden Blätter transversalheliotropisch sind. Zugleich aber ist der Beweis geliefert, dass die Berührung der Blätter mit Wasser eine nothwendige Bedingung für diese Action des Lichtes ist.

3) Individuen von *Callitriche autumnalis* wurden zunächst unter Fortdauer der Beleuchtung ausser Wasser gebracht und nachdem die Abwärtskrümmung der Blätter eingetreten war, wieder ins Wasser gesetzt; und zwar wiederum eine Partie im Dunkeln, eine andere im Lichte. Nach zwei- bis dreimal 24 Stunden hatten die letzteren alle ihre Blätter wagerecht gestellt, während an den ins Dunkele gesetzten Individuen die Blätter nicht aus ihren bisherigen Lagen gekommen waren. Nachdem die letzteren nun noch einige Zeit in constanter Dunkelheit ohne Veränderung zugebracht hatten, setzte ich sie der täglichen Beleuchtung aus und sah nunmehr die Blätter in kurzer Zeit wieder in ihre natürliche Richtung zurückkehren. Dieser Versuch liefert den nämlichen Beweis, den wir aus dem vorigen ableiteten.

4) Im Lichte submers gehaltene und normal entwickelte Individuen von *Callitriche autumnalis* versetzte ich ohne sonst etwas zu ändern in dauernde Dunkelheit. Hier blieben sie länger als eine Woche, ohne dass die Blätter eine andere Richtung annahmen. Die Pflanzen erhielten sich am Leben, veränderten ihre grüne Farbe nicht, kamen aber nicht zu einem merklichen Fortschritte der Vegetation, so dass auch ein neues Erscheinen von Blättern nicht stattfand. Aus diesem Versuche ergiebt sich, dass auch wenn die Ursache der horizontalen Blattrichtung, nämlich das Licht geschwunden ist, diese Richtung, sobald sie einmal erreicht ist, doch bestehen bleibt, solange die Bedingung derselben, nämlich die submerse Lage des Blattes gegeben ist, dass mithin hier auch der positive Geotropismus, welcher die Senkung der Blätter bewirkt, an eine bestimmte Bedingung, nämlich an das Berührtsein der Blätter von Luft geknüpft ist.

Es lässt sich mithin das Verhalten der besprochenen submersen Wasserpflanzen in das einfache Resultat zusammenfassen: die Blätter

haben Transversalgeotropismus, aber die Bedingung desselben ist die Berührung der Blätter mit Wasser; sie haben ferner positiven Geotropismus, und dessen Bedingung ist die luftförmige Beschaffenheit des Mediums. Man erkennt leicht, dass diese Einrichtung ihr Zweckmässiges für diese Gewächse hat: wenn das Wasser allmählich unter sie sinkt, so ist das Zurückschlagen der Blätter nach unten ein letztes Mittel, um diese eigentlich für den Aufenthalt im Wasser eingerichteten Organe noch solange als möglich in ihrem Elemente zu lassen. Wahrscheinlich hat auch das nahe Anliegen herabgeschlagener Blätter am verticalen Stengel die vortheilhafte Folge, dass in den so gebildeten Zwischenräumen Flüssigkeit durch Capillarität festgehalten, beziehentlich heraufgezogen werden kann, was bei horizontaler Lage des Blattes unmöglich sein würde.

Schlussbemerkungen.

Die im Vorstehenden gewonnenen Resultate gestatten auch einige Schlussfolgerungen allgemeinerer Natur hinsichtlich der Wirkung des Lichtes und der Schwerkraft auf das vegetabilische Wachsthum überhaupt.

Nachdem nunmehr die Frage nach der Mechanik der durch Licht und Schwere ausgelösten Bewegungen pflanzlicher Organe dahin entschieden ist, dass die letzteren auf einem Wachsthumsprocesse der das Organ constituirenden Zellhäute beruhen, scheinen die Ansichten auf diesem Gebiete wieder nach einer anderen Richtung auseinander gehen zu sollen. Bei der nun vorliegenden Frage, welches der Zusammenhang ist zwischen der Einwirkung jener Kräfte und dem gegen die Richtung der letztern nach einem bestimmten Gesetze orientirten Wachsthume der Zellmembranen, bemüht sich diejenige Schule, welche alle Lebenserscheinungen auf anorganische Kraftwirkungen zurückzuführen sucht, die Möglichkeit mechanischer Processe in den Zellen und Geweben darzuthun, welche die handgreiflichen unmittelbaren Wirkungen jener Kräfte und zugleich die nächste Ursache der gedachten Wachsthumstypen der Zellhäute sein könnten.

Bei der Mannichfaltigkeit der geotropischen und heliotropischen Bewegungsformen, die gegenwärtig als positiver und negativer sowie als Transversal-Geotropismus und -Heliotropismus bekannt sind, bezweifle ich die Möglichkeit, jeder einzelnen dieser Bewegungsformen einen mechanischen Vorgang in den Geweben, welcher Folge der Kraftwirkung und Ursache des Wachsthumsmodus zugleich wäre, zu

suppliren, wie es Ciesielski[1]) zunächst für den einen Fall des positiven Geotropismus in den Wurzelspitzen versucht hat.

In noch höherem Grade bringen mich die Ergebnisse der vorstehenden Untersuchungen von der Zulässigkeit einer solchen Anschauungsweise zurück. Wenn z. B. die Blattstiele der *Hydrocharis* jederzeit beliebig zu negativem oder zu transversalem Geotropismus veranlasst werden können, je nachdem man sie mit allen Theilen submers hält oder ihrer Blattoberseite die Berührung mit Luft gestattet, so haben wir hier einen Fall, wo einunddasselbe Organ fortwährend die Fähigkeit zu ganz verschiedenen Reactionen auf die nämliche äussere Krafteinwirkung in sich trägt, wozu es nichts weiter als eines Wechsels gewisser äusserer Umstände bedarf, dessen Folge doch unmöglich eine Umkehr der mechanischen Wirkungen jener Kraft in der Pflanze sein kann. Ich sehe mich dadurch nur noch bestimmter zu der Ansicht gedrängt, die ich ohnlängst ausgesprochen habe[2]), indem ich die Vermittelung zwischen der Kraftwirkung und den zur Richtung der letzteren orientirten Wachsthumsformen in einem Instincte der Pflanze suchte. Ich habe mich dieses Ausdruckes bedient, weil ich zwischen dem, was man im Thierreiche darunter versteht, und dem, was ich hier die Pflanze ausüben sehe, keinen wesentlichen Unterschied finden kann. Es werden nur die Reactionen, die das Thier auf gewisse Einwirkungen instinctmässig in stets gleicher Weise folgen lässt, mit Kräften ausgeführt, wie sie dem Thiere, die analogen Erscheinungen im Pflanzenreiche mit solchen, wie sie der Pflanze zur Verfügung stehen. Das Hauptgewicht der Erklärung lege ich darauf, dass dieses Verhalten der Pflanze als ein Resultat der natürlichen Züchtung hingestellt wird. In den Blüthen sehen wir die mannichfaltigsten Einrichtungen hinsichtlich der relativen Länge, Lage und Richtung der einzelnen Theile, sowie vielfach auch hinsichtlich der Richtung der ganzen Blüthe zum Horizonte bei allen Individuen regelmässig wiederkehren, und wir wissen, dass alles dieses in der innigsten Beziehung zum Zwecke der Bestäubung steht. Es dürfte wohl gegenwärtig Niemanden geben, der noch behauptete, dass diese Einrichtungen nicht durch natürliche Züchtung entstanden, vielmehr als ursprünglich gegebene nothwendige Folgen aller der physikalisch-chemischen Einwirkungen zu betrachten seien, denen jede Pflanze unter den irdischen Verhältnissen ausgesetzt ist. Alle diese Einrichtungen, und zumal die Richtungsver-

---

[1]) Untersuchungen über Abwärtskrümmung der Wurzel. Breslau 1872.

[2]) Die natürliche wagerechte Richtung von Pflanzentheilen. Leipzig 1870.

hältnisse der Theile sind hier oft bei grosser Verwandtschaft, und selbst nach Varietäten und Individuen, so leicht variabel, dass wir sie nicht anders denn als nach freier Wahl angenommene Eigenheiten betrachten können, und wollten wir sie dennoch als die strengen Folgen der anorganischen äusseren Naturkräfte ansehen, so müssten wir bei der grossen Leichtigkeit, mit der die Natur je nach Bedürfniss sie anbringt oder weglässt, eine Veränderlichkeit und Umkehr der allgemeinen inneren mechanischen Zustände der Pflanze, wie sie die antivitalistische Schule zur Erklärung bedarf, voraussetzen, welcher das Gepräge der Unwahrscheinlichkeit nur allzusehr anhaftet. Haben wir aber auf diesem Gebiete der natürlichen Züchtung ihr Recht eingeräumt, so werden wir auch bei den Einrichtungen, welche die vegetativen Organe für ihre Functionsverrichtungen bedürfen, nicht allein durch die blosse Consequenz, sondern durch die richtig eruirten Thatsachen vielleicht noch mit viel grösserem Zwange zu der gleichen Auffassung uns verwiesen sehen. In der gesetzmässigen Beziehung zwischen der Gravitation oder dem Lichte und dem Wachsthumsgange vieler vegetativer Pflanzenglieder erblicke ich daher nicht ein wahres Verhältniss von Ursache zu Folge, sondern eine erst allmählich enger und enger gestiftete Association zweier Vorgänge, die bis heute niemals in causalem Nexus gestanden haben, obgleich sie nun nach Vollendung der natürlichen Züchtung den Schein eines solchen documentiren. Gravitation und Licht sind nicht die Erreger jener Wachsthumsformen, sondern die Pflanze bedient sich ihrer nur als Merkmale, an denen sie abmisst, wieviel sie noch zu leisten hat, bis das durch Wachsthum zu richtende Glied seine vortheilhafteste Lage erreicht hat.

Es verdient hervorgehoben zu werden, dass diese Auffassung *a priori* gerade ebenso berechtigt ist wie diejenige, welche zwischen den Wirkungen der Gravitation oder des Lichtes und den Krümmungen wachsender Pflanzentheile ein Verhältniss von Ursache und Folge erblickt, indem keine Thatsache bekannt ist, welche mit ihr im Widerspruche steht, und dass ihr jedenfalls der Vortheil einer einfachen, naturgemässen, mit vielen anderen Erscheinungen analogen Erklärbarkeit zukommt. Was hier noch zu erklären wäre, ist nur die Art und Weise, wie der Pflanze die Empfindung *(sit venia verbo)* der Gravitationsrichtung etc. vermittelt wird. Aber diese Frage führt uns schon weit über das Gebiet der pflanzlichen Bewegungen hinaus. Sie fällt zusammen mit den Fragen, wie überhaupt alle diejenigen äusseren Eindrücke, wie namentlich der Aggregatzustand und andere

Beschaffenheiten der Medien u. dergl., nach denen die Pflanze ihre Organisation richtet, von derselben percipirt werden, d. h. in welchen Molecularvorgang dieselben zunächst in der Pflanze umgesetzt werden, und was hier aus diesem wiederum weiterhin wird. Ich bin der Meinung, dass dies ein Gebiet ist, wo man gegenwärtig vielleicht speculiren, noch nicht aber zu exacten Resultaten kommen kann.

Die Darlegung der hier ausgesprochenen Anschauung mag vielleicht gegenwärtig nicht unnütz sein, wo man mit besonderer Vorliebe die Einwirkungen der anorganischen Kräfte auf den vegetabilischen Organismus studirt. Ich bin in hohem Grade von der Erspriesslichkeit dieser Fragen überzeugt, vorausgesetzt, dass sie richtig gestellt werden. Aber ich kann mich des Eindruckes nicht erwehren, als mische man hierbei vielfach Heterogenes untereinander. In den gesetzmässigen Beziehungen äusserer Krafteinwirkungen zu gewissen Lebenserscheinungen erblicke ich zum Theil ein wahrhaft causales Verhältniss; letztere sind die directen Folgen jener noch allgemeinen, nicht auf die organischen Reiche beschränkten Naturgesetze, welche vor den Organismen da waren, und über welche die natürliche Züchtung keine verändernde Macht hatte, mit denen sie überall als mit einem unabänderlich Gegebenen arbeiten musste. Zum Theil aber erkenne ich in jenen Beziehungen zufällig, nämlich durch die natürliche Zuchtwahl gewordene Associationen zwischen einer äusseren Kraftwirkung und einem Lebensvorgange, die in gar keinem inneren Causalverhältnisse zu einander stehen; die darum auch keine allgemeine Geltung haben, sondern je nach den bei der Zuchtwahl zu befriedigenden Bedürfnissen bald in dieser bald in jener Combination gefunden werden. Die Wirkungen der Wärme auf den vegetabilischen Organismus, vielleicht auch manche solche des Lichtes, desgleichen die oxydirende Wirkung des Sauerstoffes auf das lebendige Protoplasma mögen zu der ersteren Kategorie von Erscheinungen gehören. Die nach den Richtungen der Gravitation und der Lichtschwingungen sich richtenden Wachsthumsformen vieler Pflanzenglieder sind sehr wahrscheinlich Erscheinungen der zweiten Kategorie, und hierin nicht die einzigen.

Leipzig, im Februar 1872.

Ueber parasitische Algen.

Von

Dr. Ferdinand Cohn.

Mit Tafel II.

So lange man überhaupt die Pilze als eine selbstständige, auf physiologische und vegetative, wenn auch nicht auf Fortpflanzungs-Charaktere gegründete Klasse der Thallophyten den Algen gegenüberstellt, so wird als ihr wichtigstes Unterscheidungs-Merkmal hergebrachter Weise der Mangel des Chlorophylls angegeben, und es wird angenommen, dass eben dieses Mangels wegen die Pilze auf die Ernährung durch organische Verbindungen und in Folge dessen auf eine parasitische Lebensweise angewiesen seien, da sie nicht im Stande sind, gleich den grünen Pflanzen, anorganische Verbindungen im Sonnenlicht zu assimiliren.

Neuere Forschungen, auf welche ein nachfolgender Aufsatz specieller eingehen wird, haben, an die Untersuchungen von Pasteur anknüpfend, die für die Ernährung der Pilze erforderlichen organischen Verbindungen dahin näher bestimmt, dass die Pilze zwar ihren Stickstoff auf die nämliche Weise, wie die grünen Pflanzen, aus Ammoniak oder Salpetersäure entnehmen, dass sie aber nicht im Stande seien, Kohlensäure gleich den grünen Pflanzen zu zerlegen und daher für die Aufnahme ihres Kohlenstoffs auf die Assimilirung von Kohlenhydraten und ähnlichen, in Organismen gebildeten Kohlenverbindungen angewiesen sind. Den grünen Pflanzen dagegen und insbesondere auch den Algen, wird die Fähigkeit, solche organische Verbindungen zu assimiliren, in der Regel abgesprochen. (Vergleiche indess hierüber Sachs, Experimentalphysiologie p. 126. Solms-Laubach, Ueber Bau und Entwicklung der Ernährungsorgane parasitischer Phanerogamen, Pringsheims Jahrbücher VI. p. 514 seq.)

Es ist jedoch längst bekannt, dass echte parasitische Phanerogamen, wie die Loranthaceen und viele Santalaceen und Rhinanthaceen,

welche mit Saugwurzeln in die inneren Gewebe anderer Pflanzen eindringen, und aus diesen allein ihre sämmtlichen Nährstoffe beziehen, gleichwohl Chlorophyll in ihren Laubblättern entwickeln. Zwar steht durchaus nicht fest, dass die Saugwurzeln dieser grünen Parasiten aus dem Gewebe ihrer Nährpflanzen wirklich organische Verbindungen aufnehmen, da dieselben ja vielleicht, so gut wie die Wurzeln der terrestrischen Phanerogamen, auch die Fähigkeit besitzen, alle organischen Verbindungen auszuschliessen und nur anorganische durch Endosmose aufzunehmen. So lange jedoch der Beweis für eine solche Vermuthung nicht gegeben, muss die Thatsache der grünen Parasiten Zweifel gegen die Annahme erwecken, dass die Gegenwart des Chlorophylls mit der Assimilirung organischer Verbindungen unverträglich sei.

Ein gleiches Bedenken wird uns durch die bekannte Beobachtung aufgedrängt, dass auch viele niedere Thiere (Infusorien, Zoophyten, Turbellarien) in ihren Geweben echte Chlorophyllkügelchen entwickeln, welche mit denen der Pflanzen in allen Beziehungen, und namentlich in ihren chemischen und spectroscopischen Reactionen übereinstimmen. In einer am 12. April 1867 im Pflanzenphysiologischen Institut vorgenommenen Untersuchung haben Dr. Schroeter und ich uns in Uebereinstimmung mit älteren Beobachtungen von Angström und Max Schultze überzeugt, dass das Spectrum eines alkoholischen Chlorophyllextractes aus dem Infusorium *Ophrydium versatile*, welches bekanntlich Colonien in Form kopfgrosser Gallertklumpen bildet, sich in Nichts von dem des gewöhnlichen pflanzlichen Chlorophylls unterscheidet. Gleichwohl kann nicht daran gedacht werden, dass die chlorophyllhaltigen *Paramecium-, Stentor-, Vorticella-, Hydra-, Turbellaria-* u. a. Arten sich in ihrer Assimilirungsthätigkeit anders verhalten, als die farblosen oder braunen Arten dieser Thiergeschlechter.

Es ist hier nicht der Ort, die Theorien zu kritisiren, durch welche man das Vorkommen des Chlorophylls mit der Ernährung der grünen phanerogamischen Parasiten in Einklang zu bringen sucht, da dieselben bisher der experimentellen Grundlage entbehren. Von den grünen Algen ist bis in die neueste Zeit wohl allgemein angenommen, dass sie ihre Zellen ausschliesslich aus Kohlensäure und Ammoniak sammt den erforderlichen Nährsalzen aufbauen, dagegen organische Kohlenverbindungen nicht assimiliren, dass sie daher niemals echte Parasiten sein können. Die von Famintzin veröffentlichten Versuche, „die anorganischen Salze als ausgezeichnetes Hilfsmittel zum Studium der Entwickelungsgeschichte niederer Pflanzenformen“ zu verwenden (Bot. Zeit. 1871 p. 749) haben für gewisse Algen eine neue höchst interessante Bestätigung dieses Satzes gegeben. Erst in den

letzten Wochen sind jedoch von verschiedenen Seiten Beobachtungen aneinander gereiht worden, welche beweisen, dass auch grünen Algen eine parasitische Lebensweise nicht fremd ist.

Ich sehe hierbei ab von der bekannten Thatsache, dass ein grosser Theil der kleineren Algen als Epiphyten auf der Oberfläche anderer Wasserpflanzen, insbesondere grösserer Algen, festhaften; zahlreiche Diatomeen sind theils mit Stielen *(Cocconema, Gomphonema* etc.) befestigt, theils adhäriren sie mit einer ihrer Zell-Flächen *(Epithemia, Cocconeis).* Auch fast in allen anderen Ordnungen der Algen giebt es Gattungen und Arten, welche ausschliesslich als Epiphyten auf fremden Formen mit Hülfe eines ausgeschwitzten Schleims festgeklebt, oder durch Saugscheiben angeheftet sind, so unter andern grüne Oedogonieen, braune Ectocarpeen und rothe Polysiphonien; die kriechenden Coleochaeten überziehen die Oberhaut lebender Wasserpflanzen mit einer grünen Rinde. Da jedoch die nämlichen oder doch verwandte Arten nicht blos auf lebenden Pflanzen, sondern auch auf Steinen oder Muschelschalen sich befestigen, so ist eine echte parasitische Beziehung dieser Epiphyten zu ihren Trägern nicht erweislich; die ersteren werden daher gewöhnlich zu den falschen Parasiten gezählt. Auffallend ist nur, dass insbesondere unter den Florideen und Phäosporeen gewisse Arten ausschliesslich und constant auf bestimmten Seetangen wachsen, so *Polysiphonia fastigiata* nur auf *Fucus nodosus;* ich finde in Le Joli's „Verzeichniss der Meeralgen aus der Umgebung von Cherbourg" unter anderen nachstehende Arten als constante Epiphyten aufgeführt: *Streblonema velutinum* und *Elachistea scutulata* auf *Himanthalia lorea, Ectocarpus simplex* auf *Codium, E. insignis* auf *Laminaria Phyllitis, E. Griffithsianus* auf *Rhodymenia palmata, Elachistea stellata* auf *Dictyota dichotoma, E. stellaris* auf *Arthrocladia villosa, E. pulvinata* und *flaccida* auf *Cystosiren, E. fucicola* auf *Fucus, E. Grevillei* auf *Cladophora rupestris, Ectocarpus Crouani* und *Myriotrichia clavaeformis* auf *Scytosiphon lomentarius,* die letztere (var. *Zostericola*) mit *Castagnea Zosterae* auf *Zostera marina* u. s. f.

Die Gallertalgen, deren Zellfäden durch eine aus der Aufquellung ihrer Scheiden hervorgegangene, mehr oder minder verflüssigte Intercellularsubstanz verbunden sind, werden häufig von fremden Algen bewohnt, die sich in den Schleim einnisten; wir finden solche Gäste ebensowohl im Innern der Chaetophoreen des süssen Wassers, wie in gallertartigen Phaeosporeen und Florideen *(Mesogloea* und *Dudresnaya).* Pringsheim in seinen „Beiträgen zur Morphologie der Meeresalgen" erwähnt *Streblonema viride,* welches zwischen den

Rindenfäden von *Mesogloea virescens* sich so verbreitet, dass es sich kaum von ihnen unterscheiden lässt. Aehnliche Algen haben Derbès und Solier im Innern von Castagneen, Crouan in einer gallertartigen Floridee, *Dudresnaya coccinea,* beobachtet. In unsern Chaetophorakugeln nisten fremde Diatomeen, Nostoceen und Zoosporeen. In den meisten dieser Fälle steht jedoch die Annahme offen, dass die beweglichen Fortpflanzungszellen des Gastes in der weichen Intercellularsubstanz des Wirthes keimen und dann nachträglich von dem lockern Fädengeflecht desselben eingeschlossen werden, dass daher nur von einem zufälligen Beisammenwohnen, nicht von dem Parasitismus echter Endophyten gesprochen werden könne.

Anders ist anscheinend das Verhältniss, in welchem gewisse grüne Algen zu dem geschlossenen Thallus verschiedener rother Florideen stehen. In meinem Aufsatze: „Ueber grüne Schläuche der *Cruoria pellita Fr.*“ (Beiträge zur näheren Kenntniss und Verbreitung der Algen, herausgeg. von Dr. L. Rabenhorst, Heft II., Leipzig 1865), in welchen ich zuerst auf diese eigenthümlichen Vereinigungen aufmerksam gemacht zu haben glaube, beschrieb ich das Vorkommen grüner stärkereicher schmal lanzettlicher oder breit birnförmiger, am untern Ende in einen langen soliden Zellstoffstiel auslaufender Schläuche zwischen den eng aneinander gedrängten Fäden einer *Cruoria* von Helgoland, einer dunkelpurpurnen Krustenalge aus der Klasse der Florideen. Die grünen Schläuche sind so regelmässig eingelagert, dass ich anfänglich, und wahrscheinlich schon früher andere Beobachter, dieselben als normale Fortpflanzungszellen der *Cruoria* angesehen hatte; es ist jedoch kein Zweifel, dass es fremde endophytische Eindringlinge sind, die auf eine noch nicht ermittelte Weise in die festen Krusten dieser Florideen hineingelangen.

Schon im Jahre 1850 fand Mettenius in unzähligen Exemplaren einer anderen Floridee, dem durch seinen dichotomisch verzweigten stielrunden Thallus bekannten *Polyides lumbricalis,* grüne, mit Chlorophyll, besonders am äussersten Ende dicht erfüllte Zellen, einzeln weit von einander, oder zu mehreren, 2—6, zusammen, deren schmäleres Ende direkt von der Cuticula des Polyides bedeckt, ihr übriger Umfang dagegen von dem benachbarten und mit ihrer Ausdehnung verdrängten Parenchym der Floridee umgeben war (Beiträge zur Botanik Heft I. p. 39. Tab. IV. Fig. III. 1.) Mettenius hatte in diesen Zellen die Sporenmutterzellen des Polyides vermuthet; es konnte mir jedoch kein Zweifel sein, dass dieselben dem Polyides fremd und vielmehr die Keimlinge einer parasitischen Chlorosporee seien.

Thuret gab mir in einem im Jahre 1864 an mich gerichteten

Briefe, den ich ebenfalls in meinem oben citirten Aufsatze bekannt gemacht habe, freundliche, durch eine beigelegte Zeichnung erläuterte Auskunft über seine eigenen Beobachtungen in Betreff der im Innern der *Polyides* schmarotzenden Zoosporee.

Er bestimmte dieselbe als die gewöhnlich epiphytisch auf *Polyides* und anderen Seepflanzen *(Gracilaria, Chaetomorpha, Zostera)* sehr gemeine *Cladophora lanosa*. Die gekeimten Zoosporen der *Cladophora* fand er mitten im geschlossenen Corticalgewebe des *Polyides* als grüne ovale und kuglige Zellen, die sich lange Zeit vergrössern, ohne sich zu theilen, wie dies bei andern gekeimten Schwärmsporen stattfindet; erst gegen das Ende des Winters fangen sie an sich zu theilen, worauf die Endzelle nach aussen sich verlängert, das Rindengewebe des *Polyides* durchbricht und sich schliesslich zu einem kleinen lichtgrünen Cladophorenbusch entwickelt.

Ich selbst hatte bei einem Besuch von Helgoland im September 1865 ebenfalls Gelegenheit, die grünen Parasiten im Innern des *Polyides* genau so zu beobachten, wie sie Mettenius und Thuret geschildert; die bald mehr kugligen, bald mehr ovalen, Chlorophyll- und stärkereichen dickwandigen Zellen hatten eine Länge von 90 bis 100 Mikrom. und eine Breite von 25—50 Mikrom. und waren theils von dem Rindengeflecht umschlossen, zum Theil sogar ins Markgeflechte eingelagert; sie sind so zahlreich, dass sich auf jedem Querschnitt eine ganze Anzahl der grünen Schläuche zeigten. Ich fand jedoch nirgends eine Andeutung dafür, dass diese grünen Endophyten des *Polyides* sich später durch Querscheidewände zu theilen, zu gegliederten und verästelten Conferven sich zu entwickeln und die Rinde jener Floridee wieder zu durchbrechen vermöchten. Ohne daher die Thuret'schen Beobachtungen anzuzweifeln, möchte ich doch die bei Helgoland von mir in *Cruoria* und *Polyides* beobachteten grünen Zellen nicht ohne weitere Untersuchungen mit der Thuret'schen *Cladophora lanosa* identificiren, da die nachfolgenden Beobachtungen die Möglichkeit in den Vordergrund rücken, dass auch andere grüne Algen im Innern fremder Pflanzen schmarotzen. Auch die von Thuret und mir selbst (l. c. p. 39) ausgesprochene Vermuthung, dass die Sporen der Endophyten ursprünglich auf der Oberfläche der Florideen keimen und erst nachträglich durch Entwickelung des Gewebes derselben überwallt und eingeschlossen werden, muss von Neuem geprüft werden, da die von mir weiter unten bekannt gemachten Beobachtungen auch ein actives Eindringen der Keimschläuche möglich machen.

Die Frage von dem Verhalten der Flechtengonidien zu dem Hyphen-

geflecht der *Ascosporeae,* dessen constante Begleiter dieselben sind, giebt den Untersuchungen über die endophytische Lebensweise grüner Algen ein besonderes Interesse. Seitdem, wie dies in neuester Zeit von fast allen Forschern geschieht, die Gonidien nicht als integrirende Gewebszellen des Flechtenthallus, sondern als fremde, selbstständiger Fortpflanzung fähige Algen betrachtet werden, ist diese auffallende Lebensgemeinschaft heterogener Thallophyten gewöhnlich so aufgefasst worden, als würden die Algen von dem Mycel eines Ascomyceten umsponnen und das Consortium beruhe auf der Grundbedingung, dass der Pilz den Algen die rohen anorganischen Nährstoffe zuleite, während er selbst von ihnen die für seine Existenz benöthigten organischen Verbindungen geliefert erhalte; dass daher der Pilz parasitisch auf den Algen vegetire, und von den durch die Thätigkeit ihres Chlorophylls producirten organischen Nährstoffen mittelbar oder unmittelbar ernährt werde.

Während noch in den letzten Monaten Rees (Berliner Monatsberichte Oct. 1871) und Schwendener (Flora 1872. No. 12) durch anatomische und entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen den Nachweis führten, dass die Formen der Collemaceen durch parasitische Discomyceten, deren Mycel in die Gallert eines *Nostoc* eindringt, entstehen, wurden fast gleichzeitig von zwei Seiten neue überraschende Beobachtungen über endophytische Nostoceen veröffentlicht, welche grade umgekehrt diese Algen als Parasiten in höheren Pflanzen erkennen liessen. In einer der Göttinger Gesellschaft der Wissenschaften am 2. Dec. 1871 vorgelegten Mittheilung „über gonidienartige Bildungen in einer dicotylischen Pflanze" (Göttinger gelehrte Anzeigen No. 25, 1871), sowie in einem späteren Aufsatz „über die anatomischen Verhältnisse einiger Arten von *Gunnera*" (Separatabdruck aus derselben Zeitschrift, 1872) beschreibt J. Reinke das Vorkommen von Schmarotzeralgen aus der Klasse der *Nostoceae* in den Stämmen von *Gunnera scabra* und vier anderen Arten derselben Gattung. Diese Algen, deren specifische Bestimmung zweifelhaft blieb *(Scytonema* oder *Anabaena)*, stellen Phycochromhaltige knäuelförmige, aus verschlungenen Fäden gebildete Ballen dar, deren Gliederzellen von Interstitialzellen unterbrochen sind. Die Nostoceenfäden leben zuerst frei in den Laubknospen der *Gunnera,* und zwar in dem Schleim, welcher von grossen, auf der Rückseite der jungen Blätter stehenden Drüsen geliefert wird. Später lösen sich nicht nur diese Drüsen selbst vollständig in Schleim, sondern es verschleimen auch ganze Zellreihen unter den Drüsen bis in das Stammparenchym der *Gunnera* hinein; indem die Algenfäden in den so entstandenen Schleimkanälen

wuchern, dringen sie schliesslich selbst in die Parenchymzellen durch deren grosse Tüpfel ein und füllen ganze Gruppen derselben mit dichten blaugrünen Fadenknäueln aus. Dabei wird der Zugang zu den Nostoccennestern durch neugebildetes Parenchym, welches das ehemalige Drüsengewebe ersetzt, verschlossen, und die Algen vollständig gefangen, so dass sie ihre Nahrung fortan nur aus dem gerbstoffreichen Safte der *Gunnera* erhalten; es ist daher das Verhältniss der Gonidien bei *Gunnera* das entgegengesetzte von dem bei den Flechten durch Schwendener angenommenen.

Die Arbeit von E. v. Janczewski in No. 5 der botanischen Zeitung vom 2. Febr. 1872 (Zur parasitischen Lebensweise des *Nostoc lichenoides)* behandelt das endophytische Vorkommen eines *Nostoc* im inneren Gewebe der laubartigen Lebermoose. Milde war der erste, der in diesen Lebermoosen *(Anthoceros, Chamaeceros, Blasia, Pellia, Diplolaena, Aneura* und *Riccia)* Kugeln voll olivengrüner Nostocähnlicher rosenkranzförmiger Zellschnüre erkannte, wo frühere Beobachter, von Hedwig und Schmidel an, Brutknospenbehälter oder männliche Organe vermuthet hatten. Janczewski erklärte in Folge seiner zum Theil schon aus dem Jahre 1871 stammenden Untersuchungen diese Gebilde für endophytische Nostoccolonieen, einer Art angehörig, die auch ausserhalb der Lebermoose auf dem Erdboden vegetirt; bei *Anthoceros* wandern die aus der terrestrischen Nostrocgallert herauskriechenden Rosenkranzfäden, je einer in eine der auf der Unterseite des Lebermoos-Thallus zerstreuten Spaltöffnungen; von da bohrt der Nostocfaden sich weiter in einen daselbst ausmündenden Intercellulargang, indem er sich wurmförmig krümmt, er vermehrt sich hier in bekannter Weise zu einer blaugrünen Fadenkolonie, welche Fortsätze zwischen benachbarte Zellen treibt und schliesslich intercellular eine gewisse Portion des Thallusgewebes durchwuchert. Die von den Nostocfäden überwucherten Thalluszellen leiden anfänglich nur wenig und theilen sich sogar weiter; später verlieren sie Chlorophyll und Protoplasma und werden daher durch den Nostoc geschädigt; dieser dagegen bezieht seine rohen Nährstoffe nur aus dem Anthocerosthallus, da durch die turgescirenden und sich theilenden Schlusszellen die Eintrittsstelle allmählich völlig zugemacht wird, und die gefangene Nostoccolonie nur durch Zersetzung des Thallus wieder austreten kann. In ähnlicher Weise hat v. Janczewski auch das Eindringen der Nostocfäden und deren Entwicklung zu endophytischen Colonien in blattachselständigen hohlen Trichomgebilden von *Blasia pusilla,* sowie in den grossen durchlöcherten Spiralzellen von *Sphagnum* festgestellt; bei *Anthoceros* sogar

auf experimentellem Wege, indem er den Lebermoosthallus mit freien Nostocfäden künstlich inficirte.

Die Beobachtungen von Reinke weichen von denen Janczewski's zunächst darin ab, dass die Nostoccolonien der Lebermoose nur in den Intercellularräumen, die der *Gunnera* dagegen in den Zellen des Parenchyms selbst nisten. Beiden könnte der Einwurf entgegengestellt werden, ob nicht die beweglichen Nostocfäden, welche ja auch ausserhalb ihrer Wirthe leben, nur zufällig durch geöffnete Spalten in das innere Gewebe derselben einwandern und sich dort im geschützten Raume günstig entwickeln, dass daher ein echter Parasitismus der Nostoceen nicht ausser Zweifel sei. Die nachstehenden Beobachtungen über endophytische Algen scheinen mir grade darin ein besonderes Interesse zu haben, als sie nicht nur den echten Parasitismus einer Chlorosporee ausser Zweifel stellen, sondern auch ein ganz eigenthümlich complicirtes Consortialverhältniss zwischen Algen verschiedener Ordnungen darlegen.

Bei einer mikroskopischen Untersuchung des Laubes von *Lemna trisulca,* welche ich unter anderen Wasserpflanzen in einem Glasgefäss überwintert hatte, beobachtete ich zuerst am 8. Mai dieses Jahres zahlreiche, theils intensiv smaragdgrüne, theils spangrüne Schläuche, welche in's Innere des Lemnaparenchyms eingesenkt, sich sofort als endophytische Algen kennzeichneten. Ausnahmslos in jedem der von mir untersuchten Lemnasprossen fanden sich bald in grösserer, bald in geringerer Zahl diese Schmarotzer; gewöhnlich konnte man in einem jeden Spross weit mehr als 100, und in einem Gesichtsfeld bei Obj. IV. Hartnack gleichzeitig bis 25 derselben zählen; die nämlichen Endophyten fanden sich auch in frischer, am 10. Mai aus einem Graben bei Breslau geholter *Lemna trisulca,* nicht aber in einer zweiten, einige Tage später aus einer anderen Lokalität gesammelten Probe. Der Versuch, die letztere durch Hineinbringen einzelner mit Schmarotzern besetzter Lemnasprossen zu inficiren, gelang nicht.

Ehe ich jedoch die Entwicklungsgeschichte der Endophyten verfolge, schicke ich einige Worte über die Anatomie des Thallus von *Lemna trisulca* voraus. Ein junger Spross dieser Lemnaart ist der *Lemna minor* nicht unähnlich und besitzt die Gestalt eines ovalen, linsenförmigen, schwach gewölbten, am äusseren Rande gleich einem Selaginellablatt fein gezähnelten Blättchens, das sich in ein dünnes Stielchen verlängert und von drei Nerven durchzogen ist, welche von dem Stielchen ausgehen und nur aus Cambiform, ohne Gefässe, gebildet sind; am Grunde des Stielchens bilden sich rechts und links je

ein Meristemhöcker als Anlage von 2 Tochtersprossen, ein dritter Hügel auf der Unterseite zwischen jenen ist die Anlage einer Wurzel. Indem später flügelartige Säume paarweise zu beiden Seiten den Rand des Stielchens einfassen, überdecken sie zugleich die Ansatzstellen der jungen Tochtersprosse, etwa wie die Cotyledonen das Knöspchen einer Bohne; die Basis des Stiels selbst verlängert sich nachträglich am Grunde in eine laubartige Fortsetzung, so dass schliesslich die Tochtersprosse kreuzständig aus der Mitte des verlängerten Muttersprosses zu beiden Seiten hervorkommen und an ihren Anheftungspunkten von den Flügeln des Laubrandes eingefasst sind.

Der Thallus der *Lemna trisulca* ist beiderseits von einer Epidermis bedeckt, deren tafelförmige Zellen unregelmässige zickzackartig gebogene Contouren zeigen, und von einer Cuticula überzogen, welche das Benetzen durch Wasser verhindert; auf die einspringenden Winkel der Oberhautzellen sind, wie dies bei vielen Blumenblättern bekannt ist, faltenartige Leisten aufgesetzt, welche auf dem Querschnitt des Thallus gleich Pfeilern die Decke der Epidermis zu tragen scheinen (Tab. II. Fig. 2, 3). Längs des Thallusrandes liegt zwischen den beiden Lagen der Epidermis nur eine einfache Schicht grosser Parenchymzellen, welche zwischen sich grössere Lufträume in den Ecken lassen; in der, einer Mittelrippe gleich verdickten Mitte des Lemnathallus finden sich unter dieser Parenchymzellenschicht noch grosse sechseckige Lufträume, mitunter in zwei Reihen übereinander, welche durch einschichtige Scheidewände von einander getrennt sind (Fig. 3 i); Spaltöffnungen fehlen.

Die Flügel des Lemnathallus bestehen blos aus der Oberhaut und einer einfachen Parenchymschicht, deren Zellen ebenfalls zickzackartig gebogen und mit einspringenden Pfeilern versehen sind. Sämmtliche Zellen der *Lemna trisulca,* mit Ausnahme der Rhaphidenführenden, enthalten Chlorophyllkügelchen, welche die von Borodin entdeckten, durch das Licht beeinflussten Bewegungen vollziehen und in einem späteren Stadium grössere Amylumkörperchen von linsenförmiger Gestalt in so ausserordentlich grosser Menge erzeugen, dass die Zellen dadurch fast undurchsichtig werden. Sobald sich jedoch die zu beiden Seiten entspringenden Sprossen zu entwickeln beginnen, verschwindet die Stärke und bald auch das Chlorophyll aus den Zellen, so dass der Mutterspross allmählich seiner Bildungsstoffe entleert und entfärbt wird, während die Tochtersprosse sich auf seine Kosten ausbilden.

Die in der *Lemna trisulca* nistenden Endophyten sind zweierlei Art, primäre und secundäre, zu der ersteren Klasse gehören die smaragdgrünen Schläuche, zu der zweiten die spangrünen.

Die smaragdgrünen Schmarotzer pflanzen sich durch Schwärmsporen fort, welche sich aussen auf die Oberhaut der *Lemna* (Fig. 2, 4) anheften; und zwar befestigen sie sich vor dem Keimen immer nur auf die Grenze zwischen zwei Epidermiszellen, und man findet oft auf einem Gesichtsfeld viele Hunderte von frisch gekeimten Schwärmzellen in geringer Entfernung von einander regelmässig auswendig auf den Scheidewänden der Epidermiszellen festsitzen (Fig. 4). Ich habe selbst *Lemna trisulca* gesehen, wo auf jeder Epidermiszellwand Dutzende von Zoosporen dicht nebeneinander angeheftet waren. Die Schwärmspore, welche vor dem Ausschwärmen birnförmig, grün, mit farblosem Schnabel, den Zoosporen von Cladophora ähnlich ist (Fig. 1), wird nach dem Keimen zunächst kugelig, und bekleidet sich mit einer dicken farblosen Zellmembran, welche später noch bedeutend aufquillt und mehrschichtig wird. Die gekeimte Schwärmspore treibt nunmehr einen kräftigen Keimschlauch, dessen Scheitel die beiden Blätter der zu einer Scheidewand verbundenen Seitenflächen zweier Epidermiszellen unter ihrem Anheftungspunkte auseinander treibt (Fig. 2, 3). Auf dem Querschnitt erscheint die gekeimte Schwärmspore in diesem Alter nach Art einer 8 dergestalt eingeschnürt, dass die eine Hälfte über der Epidermis, die andere unter derselben liegt (Fig. 2a.). Leicht unterscheidet man auch bei einer Vergleichung der zickzackartigen Scheidewände der Epidermis nicht blos solche, welche wie gewöhnlich dünn, stark lichtbrechend und einfach, sondern auch solche, welche aufgequollen, schwach lichtbrechend, doppelt contourirt und sichtlich erweicht sind, um das Eindringen dem Keimschlauch der Zoospore zu gestatten (Fig. 4*). Dieser senkt sich in Form eines breiten Keils (Fig. 2b. c.) immer tiefer in's Innere; aus der auswendig zurückbleibenden Sporenkugel wandert der grüne Zellinhalt in den abwärts steigenden Keimschlauch; es bleibt daher das aussen befindliche kugelförmige Ende der Spore als ein farbloser Knopf auf der Oberhaut sitzen, während seine Zellmembran aufquillt und deutliche Schichtungen zeigt (Fig. 2a. b. c., 3, 4); dieser farblose Sporenknopf bezeichnet noch bis in die letzten Entwicklungszustände die Eintrittsstelle des Endophyten (Fig 4, 5a. b. e). Inzwischen ist der Scheitel des Keimschlauchs zwischen den gespaltenen Scheidewänden zweier benachbarter Epidermiszellen bis an die zunächst anstossenden Parenchymzellen vorgedrungen (Fig. 2b), die häufig einen Intercellularraum gegen die Epidermis bilden. Nunmehr schwillt die Spitze des Keimschlauchs blasenförmig auf, indem sie einen Intercellularraum ausfüllt (Fig. 2b.); in der Regel aber spaltet sie auch die beiden Blätter der hier sich berührenden Parenchym-

zellen gleich einem Keil (Fig. 2c.), und vergrössert sich in dem auf solche Weise von ihr selbst hervorgerufenen Intercellularraum rasch zu einer grossen Schlauchzelle, die durch den engeren Keimfaden, wie durch einen Hals, mit der durch den farblosen Knopf verschlossenen Eintrittsstelle im Zusammenhang bleibt. Indem der Bauch der Endophytenzelle sich rasch ausserordentlich vergrössert, comprimirt er das angrenzende Gewebe der Lemna, und so entstehen durch gegenseitigen Druck die manigfaltigsten Gestaltungen sowohl des Schmarotzers als der von ihm zusammengedrückten Parenchymzellen; anfänglich ist der erstere oft halbmondförmig, wie ein Closterium, oder gebogen wie ein Ophiocytium; da er jedoch schnell anschwillt und dabei die Nachbarzellen in seinem Wachsthum überflügelt, so nimmt er schliesslich die Gestalt einer birnförmigen, kugligen (Fig. 5 l. k.), oder eirunden oder mehr in die Länge gezogenen Blase an (Fig. 5 d. f.), deren Bauch in der Regel in einen der sechseckigen Intercellularräume des Lemnathallus hineinhängt (Fig. 3). In andern Fällen äussern sich die Wirkungen des gegenseitigen Drucks dadurch, dass der Endophyt nierenförmig (Fig. 5 e.), oder hufeisenförmig in sich zusammengebogen (wie ein campylotropes Eichen) (Fig. 5 h.), stellenweis eingeschnürt und erweitert (Fig. 5 c.), oder drei- oder mehrlappig ist (Fig. 5 i.) oder dass er dünnere halsartige Verlängerungen in die Ecken der Intercellulargänge hineintreibt (Fig. 5 m.) u. dgl. m. Sehr häufig dringen zwei, drei oder mehrere Keimschläuche an unmittelbar benachbarten Stellen der Epidermis in das Innere des Lemnathallus; diese üben dann bei ihrer späteren Berührung gegenseitigen Druck auf einander, und bilden dann Gruppen von zwei, drei und mehr Endophyten, die mit abgeplatteten Wänden aneinander stossen und in Folge dessen seltsame Gestaltungen (Fig. 5 a. b. c. g. h.) zeigen. Die ausgewachsenen Zellen besitzen einen Durchmesser von 60 bis 100 Mikrom. Die Membran des Schmarotzers lässt sich anfangs kaum von den benachbarten Zellwänden des Lemnaparenchym unterscheiden, wird aber allmählich stärker verdickt; sie zeigt nun eine messbare Breite und deutliche Schichtung (Fig. 5 a. 4); der Inhalt der Zelle ist zuerst wasserhell und nur von einer dünnen, hellgrünen Wandschicht ausgekleidet, die aus dem grünen Plasma des Keimschlauchs hervorgegangen ist (Fig. 2a.); in weiterer Entwickelung aber erzeugt der Schmarotzer eine ausserordentliche Menge von Chlorophyll und seine Zellhöhle füllt sich allmählich beinahe ganz mit reingrünem Protoplasma, in welchem sich zahllose kleine Stärkekörnchen bilden; daher färbt sich der Endophyt, der erst gelbgrün und durchsichtig war, allmählich immer intensiver, und wird schliesslich

tief dunkelgrün und beinahe undurchsichtig; in der homogenen grünen Substanz sind auch grössere Chlorophyllbläschen gleich Kernen vertheilt. Endlich tritt in dem grünen Protoplasma eine eigenthümliche Art der freien Zellbildung auf, indem sich an verschiedenen Punkten der Zellhöhle in der Nähe der Wand Ansammlungen des grünen Inhalts bilden, die nach innen vorspringende Wellenberge darstellen und durch Wellenthäler von geringerer Tiefe unter einander getrennt sind (Fig. 5 g.) Indem das in den Wellenthälern enthaltene grüne Plasma allmählich ganz und gar nach den Wellenbergen wandert, werden diese von einander völlig isolirt; so zerfällt das grüne Plasma der Endophytenzelle in eine grosse Zahl von Segmenten, die, gleich Dotterkugeln eines gefurchten Froschei, dicht an einander gelagert sind (Fig. 5 e. f.). In Glycerinpräparaten werden diese Segmente deutlicher, da sich die Plasmamassen durch Contraction mehr abrunden. Schliesslich zerfallen die Segmente wieder in einer Weise, die ich wegen ihrer Undurchsichtigkeit nicht specieller zu verfolgen vermochte (Fig. 5 f.), in eine ausserordentlich grosse Zahl birnförmiger Zoosporen, welche dicht aneinandergedrängt, die Höhle ihrer Mutterzelle ausfüllen (Fig. 5 g. h.); sie sind schön chlorophyllgrün, und ihre kegelförmigen farblosen Schnäbel meist regelmässig nach aussen gerichtet. Der Durchmesser der von mir in diesem Zustande gemessenen Zoosporen betrug 4—5 Mikrom. Inzwischen hat der blasenartige Bauch der Endophytenzelle einen oder mehrere halsartige Fortsätze nach aussen getrieben, die in den Intercellulargängen fortwachsend, die Epidermis spalten und sich auch aussen öffnen (Fig. 5 g. h.), wobei die Epidermis deutliche Querrisse bekommt (Fig. 5 k.); wenn nur ein solcher Hals vorhanden, so scheint derselbe die einfache Ausweitung des ursprünglichen Keimschlauchs zu sein. Auch der Hals wird dicht mit Zoosporen ausgefüllt; und wenn derselbe sich endlich an der Spitze öffnet, werden die Schwärmsporen rasch nach aussen entleert, während die leere Membran der Mutterzelle im Lemnathallus zurückbleibt (Fig. 5 i. k.). Den unmittelbaren Moment des Ausschwärmens zu beobachten, ist mir leider nicht geglückt, obwohl ich spät um Mitternacht und am frühesten Morgen untersuchte, auch längere Zeit einen und denselben Lemnaspross in der feuchten Kammer cultivirte; da man jedoch wegen der Grösse dieser Endophyten immer nur wenig Individuen zu gleicher Zeit im Gesichtsfeld haben kann, so ist nur durch einen günstigen Zufall der richtige Moment zu treffen. Indess habe ich nicht nur häufig freie Zoosporen aus durchschnittenen Mutterzellen austreten und in langsamer Bewegung im Wasser umherschwimmen

sehen, sondern auch mehremal eine grosse Menge kurz zuvor aus einer Zelle ausgetretener Zoosporen über das Gesichtsfeld sich ausbreiten sehen, doch waren dieselben unter dem Druck des Deckglases bereits zu grünen Kugeln zerflossen, ohne sich bedeutend von der Austrittsstelle entfernt zu haben. Ich kenne daher zwar die Gestalt der Zoosporen, sowohl in dem Zustande, wie sie noch im Innern der Mutterzelle aneinander gelagert sind (Fig. 4 a), so wie im frei beweglichen Zustand, vermag jedoch über die Zahl und Anheftung der Wimpern, und die Art und Weise ihrer Bewegung, wie über die Ursache ihrer so regelmässigen Anheftung an die Grenzen der Epidermiszellen nichts mitzutheilen; doch lässt die von mir bereits ermittelte Entwicklung mit Ausnahme dieser Punkte keine Lücke.

Uebrigens befallen die Parasiten alle Regionen des Lemnasprosses, Ober- und Unterseite; an den Laubrändern finden sie sich besonders häufig; die Stiele und Wurzeln sind dagegen in der Regel von ihnen frei; selbst die jungen noch in den Randflügeln eingeschlossenen Sprossen enthalten schon Schmarotzer. Da die Schwärmsporen sich oft auf demselben Lemnaspross anheften, in welchem ihre Mutterzelle eingenistet, so erklärt sich hieraus nicht blos die grosse Zahl der Schmarotzer, welche jeder einzelne Spross ernährt, sondern auch die ungleiche Entwicklung derselben; man findet in demselben Spross alle Altersstufen von dem frischen Keimling bis zur völlig ausgewachsenen Zelle, welche im Begriff ist, selbst Schwärmsporen zu entleeren. Selbst diejenigen Muttersprosse, welche bereits von allem Chlorophyll und Stärke entleert und daher fast farblos geworden sind, sind noch dicht von grünen Parasiten in allen Stadien der Entwicklung bewohnt. Nicht alle Zoosporen jedoch, welche sich an die Oberhaut eines Lemnasprosses anheften, gelangen zu vollständiger Entwicklung; eine grosse Zahl geht unmittelbar nach der Keimung oder nach Bildung eines kurzen Keimschlauchs zu Grunde, und stellt, da sie sich rasch entfärben, farblose Knöpfe auf der Epidermis dar.

Häufig kommt es auch vor, dass nicht alle Zoosporen den Ausgang durch die Halsöffnung finden, sondern dass eine grössere oder kleinere Zahl, oft nur wenige, selbst nur 1—2 in der Mutterzelle zurückbleiben; sie nehmen alsdann beim Keimen eine regelmässige Kugelform an, bedecken sich mit einer dicken Zellhaut und vergrössern sich nicht unbedeutend zu Protococcusähnlichen Zellen, ohne dass dabei die Bildung eines Keimschlauchs oder eines Halses zur Erscheinung käme. Sie scheinen jedoch in diesem Falle keine nor-

male Entwicklung bis zur Schwärmsporenbildung zu durchlaufen; möglich, dass sie zu Dauerzellen werden (Fig. 5 k.).

Aus obiger Darstellung ergiebt sich, dass der grüne Endophyt der *Lemna trisulca* ein selbstständiger Organismus, und zwar eine Algenspecies aus der Ordnung der *Zoosporeae* ist. Diese Ordnung umfasst Arten mit grünem *(Chlorosporeae)* und braunem Zellinhalt *(Phaeosporeae);* unter ersteren ist es die epiphytische Gattung *Hydrocytium* (A. Braun, *Algae unicell.* p. 24), welche unserem endophytischen Schmarotzer am nächsten kommt; aber grade diese Lebensweise in Uebereinstimmung mit den übrigen morphologischen und entwicklungsgeschichtlichen Verhältnissen weist uns noch auf eine andere Pflanzengruppe, welche zwar wegen ihres farblosen Zellinhalts gewöhnlich von den Algen aus der Ordnung *Zoosporeae* abgetrennt und zu der Pilzordnung der *Phycomycetae* gestellt wird, die aber zweifellos mit den ersteren eine innigst verwandte Reihe darstellen. Und zwar kommt zunächst die Gattung *Synchytrium* in Betracht als die einzige unter den *Chytridieen,* welche in zahlreichen Landpflanzen schmarotzt. Die Monographie von Dr. J. Schroeter „über die Pflanzenparasiten aus der Gattung *Synchytrium*" im ersten Hefte dieser Beiträge, auf welche ich wegen der Einzelheiten verweise, erläutert nicht nur die gesammte Entwicklung dieser merkwürdigen Parasiten, deren erste Entdeckung im Jahre 1863 wir De Bary und Woronin verdanken, sondern zeigt auch eine bis dahin ungeahnte Verbreitung unter der einheimischen Phanerogamenflor (11 Arten auf 17 verschiedenen Nährpflanzen); weitere Beobachtungen, über welche Herr Dr. Schneider in der Sitzung der botanischen Section vom 9. Nov. 1871 berichtete, haben gezeigt, dass eine einzige Art *(Synchytrium laetum* Schroeter) in Schlesien 70 verschiedene Phanerogamenspecies bewohnt, die 26 Pflanzenfamilien angehören, und deren grösste Zahl von Herrn Lehrer Gerhardt in der Umgegend von Liegnitz entdeckt wurde. Schroeter theilt die Gattung *Synchytrium* (l. c. p. 39) in drei Sectionen: *Eusynchytrium,* mit gelbrothem Protoplasma, deren Schwärmsporen in die Zelle einer lebenden Pflanze eindringen, dort zu einer Kugel anschwellen, deren Inhalt in Haufen von Schwärmsporangien zerfällt; am Schluss der Vegetationsperiode bilden sich aus einzelnen Schwärmsporen Dauersporen mit derber dunkelbrauner Membran. Die übrigen Synchytriumarten entwickeln sich so, dass die in die Nährpflanze eingedrungenen Schwärmsporen sich sofort zu Dauersporen ausbilden; aus den durch Verwesung der Nährpflanze frei gewordenen Dauersporen tritt der Inhalt nach Ablauf einer Ruhepause aus und theilt sich in Schwärm-

sporangien. Diese Parasiten zerfallen in zwei Sectionen, *Chrysochytrium* mit gelbem oder rothgelbem Protoplasma, und *Leucochytrium* mit farblosem Protoplasma.

Vergleichen wir den Endophyten von Lemna mit den bisher bekannten Synchytrieen, so stimmt derselbe offenbar in seiner Entwickelung am meisten mit der ersten Section, *Eusynchytrium* überein, da er gleich den Arten dieser Gruppe, alsbald nach seinem Eindringen in die Nährpflanze zu einer kuglichen Zelle anschwillt, deren Inhalt sich zunächst in eine kleinere Zahl von Segmenten theilt. Da diese grösseren Segmente, welche durch freie Zellbildung entstehen, nachträglich noch in die sehr zahlreichen Schwärmsporen zerfallen, so lassen sie sich den Zoosporangien der Synchytrien vergleichen, obwohl sie sich von den letzteren durch Abwesenheit besonderer Membranen um die einzelnen Segmente unterscheiden. Andrerseits erinnert dieses Segmentiren des Zellinhalts von *Chlorochytrium* vor der Zoosporenbildung an die Entwickelungsgeschichte von *Characium,* bei welcher epiphytischen Gattung jedoch dieser Vorgang auf einer succedanen Zweitheilung des grünen Protoplasma beruht; eine solche regelmässige Theilung in Potenzen von zwei habe ich bei *Chlorochytrium* nicht auffinden können. Da eine Bildung von Dauersporen bei den Schmarotzern der Lemna überhaupt noch nicht mit Sicherheit festgestellt ist, so kann die Vergleichung mit *Synchytrium* nicht auf diesen Entwicklungszustand ausgedehnt werden; jedenfalls könnten sich die Dauersporen in der Lemna erst am Schluss der Vegetation aus einzelnen Schwärmsporen umbilden, wie wir in der That dergleichen ruhende Zellen in einzelnen Fällen nachgewiesen haben.

Trotz dieser entwicklungsgeschichtlichen Analogieen unterscheiden sich die Parasiten der Lemna von den *Eusynchytrien* wesentlich durch zwei wichtige Charaktere, die Anwesenheit des Chlorophylls im Protoplasma, und die Bildung eines Keimschlauchs, dessen Scheitel erst zur eigentlichen Zelle anschwillt, während ein Sporenknopf ausserhalb der Nährpflanze zurückbleibt. Die *Synchytrien* entbehren eines solchen Keimschlauchs durchaus, da deren Zoosporen, nachdem sie vollständig in die Nährzelle eingedrungen, ohne Weiteres zu kugligen Blasen aufschwellen; ein Moment, dessen Bedeutung Schroeter mit Recht hervorgehoben hat (l. c. p. 45). Endlich haben sämmtliche *Synchytrien* eine intracellulare Vegetation, da ihre Zoosporen durch die äussere Zellhaut hindurch in das Innere einer Epidermiszelle sich einbohren, und ihre weitere Entwicklung in der Höhle derselben durchlaufen; der Schmarotzer der Lemna dagegen entwickelt sich in einem Intercellularraum, zwischen den Zellen der

Nährpflanze. Es muss daher unser Endophyt als eine selbstständige neue Gattung und Art betrachtet werden, welcher ich den Namen *Chlorochytrium Lemnae n. s.* verliehen habe, und der nach seiner Stellung im System zwischen *Hydrocytium, Characium* und die *Chytridien* gehört.

Chlorochytrium n. g. planta endophyta viridis unicellularis, globosa ovoidea vel irregulariter curvata bi, tri, multiloba, dense conferta plasmate viridi, primum in segmenta majora diviso, dein secedente in zoosporas innumeras pyriformes virides processibus tubulosis extus emissas.

Ch. Lemnae n. s. zoosporis extus ad epidermidis superficiem ad cellularum dissepimenta affixis, post germinationem in tubos excrescentibus, qui inter laminas dissepimentorum intus usque ad parenchyma mesophylli provecti, in lacuna intercellulari aucti, in utriculos globosos vel elongatos vel irregulares excrescunt; cellularum adultarum diameter ad 0,1 mm.

Habitat in Lemna trisulca. Bresl. 1872.

Dass *Chlorochytrium* ein Parasit ist, kann nach der oben ausgeführten Entwicklungsgeschichte wohl nicht in Zweifel gezogen werden. Denn wenn auch die Anwesenheit der Endophyten auf das Gewebe der Lemna keinen auffallenden nachtheiligen Einfluss auszuüben scheint, abgesehen natürlich von dem Druck, dem die unmittelbaren Nachbarzellen durch die aufschwellenden Schläuche unterliegen, so widerlegt dies noch nicht die Parasitennatur des letzteren, da auch unzweifelhafte Schmarotzer, wie Synchytrien und Peronosporen, mitunter ihre Nährpflanzen kaum in merkbarer Weise verändern. Ebensowenig kann ein Gegengrund aus der intercellularen Vegetation der Chlorochytrien entnommen werden, weil ja auch die meisten Peronosporen und Uredineen in den Intercellularräumen ihr Mycel entwickeln, und zum Theil selbst der Haustorien entbehren, sondern nur durch Diffusion von ihren Nachbarzellen ernährt werden. Chlorochytrium stimmt gerade mit diesen letzteren Pilzgattungen darin überein, dass seine Sporen nach der Keimung an der Aussenseite der Nährpflanze zurückbleiben und nur der Scheitel des Keimschlauchs durch Spitzenwachsthum in deren Inneres eindringt und die weitere Entwicklung vermittelt. Es würde gewiss Niemand einfallen, dem Chlorochytrium den Charakter eines echten Parasiten abzusprechen, wenn dasselbe farblos oder goldgelb gefärbt wäre. Da der Endophyt vollständig von dem Gewebe der Lemna eingeschlossen ist, so können ihm die Bildungsstoffe, welche dessen mächtiges Wachsthum und die insbesonders reichliche Vermehrung des

grünen Plasma und der Stärke veranlassen, offenbar nur durch Vermittlung der Nachbarzellen zugeführt werden. Man könnte allerdings die Hypothese aufstellen, dass die grüne Chlorochytriumzelle, trotz ihrer endophytischen Lage, von dem umgebenden Gewebe der Lemna nur anorganische Verbindungen (rohe Nahrungsstoffe), aber keine organischen Bildungssäfte aufnimmt, dass eben ihre Zellmembran oder ihr Protoplasma vermöge einer besonderen Molecularstructur, organische Nährstoffe ausschliesst und nur die anorganischen bei der Endosmose durchlässt; ist es ja doch bekannt, dass lebende Zellen, wie die der Phanerogamenwurzeln, eine derartige Dialyse ihrer Nährflüssigkeit bewirken, oder dass umgekehrt gewisse organische Lösungen z. B. Anthocyan, durch den Protoplasmakörper im Innern einer lebenden Zelle zurückgehalten werden, während anorganische Verbindungen z. B. Wasser und Salze ohne Schwierigkeit austreten. Es ist jedoch, namentlich mit Hinblick auf die grünen Parasiten aus dem Reich der Phanerogamen, eben so wahrscheinlich, dass die Anwesenheit von Chlorophyll in den Zellen einer Pflanze die Fähigkeit derselben zur Aufnahme gewisser organischer Bildungssäfte nicht ausschliesst, wie ja offenbar auch das grüne Gewebe der gewöhnlichen Laub-Blätter wenigstens einen Theil seiner Bildungsstoffe in assimilirter Form aufgenommen haben muss. Jedenfalls ist das Chlorochytrium insofern der interessanteste aller bekannten Endophyten, als er eben bis jetzt der einzige Chlorophyllhaltige ist. Vielleicht sind die von mir in Cruoria und Polyides beobachteten grünen Endophyten auch entwicklungsgeschichtlich mit Chlorochytrium verwandt; die dicken soliden Cellulosestiele der Schläuche von Cruoria erinnern auffallend an ähnliche Gebilde bei *Codiolum*, *Characium* und *Hydrocytium*, deren Beziehungen zu Synchytrium schon Schroeter klar entwickelt hat (l. c. p. 48).

Wenn hiernach die Chlorochytrien mit grösster Wahrscheinlichkeit als echte primaere Schmarotzer angesehen werden müssen, die gleich den chlorophyllosen Pilzen sich durch eine von dem Scheitel ihrer Keimschläuche ausgehende Thätigkeit den Eingang in die geschlossenen Gewebe ihrer Nährpflanze activ erzwingen, so verhält es sich ganz anders mit den zahlreichen blaugrünen Kugeln, die wir ebenfalls in den Lemnasprossen eingeschlossen gefunden haben. Diese sind allerdings auch Algen, und zwar aus der Klasse der phycochromhaltigen Nostoceen, welche ursprünglich auf der Oberfläche der Lemna nisten, aber mit Vorliebe die leeren Chlorochytrienwohnungen beziehen, indem sie durch die gesprengte Epidermis der Lemna und den geöffneten Hals in das Innere der Endo-

phytenzellen hineinkriechen; hier in geschütztem Neste vermehren sie sich rasch und füllen schliesslich die leere Kammer mit ihren dicht aneinander gedrängten Fäden vollständig aus (Fig. 5 i. k. l. m.). Es sind Nostoceen aus verschiedenen Gattungen und verschiedener Färbung; am häufigsten findet sich ein prachtvoll blaugrüner Nostoc, dessen mikroskopische Gallertkugeln nicht blos auf der Oberfläche der Lemnaepidermis massenhaft aufsitzen, sondern besonders reichlich zwischen den durch die Flügelsäume des Leibes gebildeten Falten angetroffen werden (vielleicht *Nostoc glomeratum* Kg.). Diese Falten sind oft ganz und gar von Nostockugeln vollgestopft, und es scheint, als ob derartige geschützte Stellen deren Vermehrung ausserordentlich begünstigen. Ueberall findet man in der That den Nostoc in der durch Thuret und De Bary bekannten Vermehrung begriffen; die isolirten etwa 4 Microm. breiten von ovalen oder kugligen Dauerzellen unterbrochenen Rosenkranzfäden, welche früher als eine besondere Gattung *(Anabaena)* angesehen wurden, und bekanntlich kriechender Bewegung fähig sind, wandern aus der Gallert heraus und können leicht durch die offene Epidermisspalte in einen Chlorochytriumschlauch einkriechen; ich habe in der That sehr häufig leere Chlorochytriumkugeln beobachtet, in denen ausser ein Paar zurückgebliebenen und zu Protococcusartigen Zellen ausgekeimten Zoosporen erst ein oder wenige Nostoc- *(Anabaena)* Fäden anzutreffen waren. Indem aber diese Fäden durch beständige Quertheilung ihrer Glieder sich rasch verlängern, finden sie bald nicht anders Raum in der hohlen Kugel, die sie sich zur Wohnung ausgewählt, als indem sie sich den Wänden anschmiegend krümmen oder unter einander verschlingen, und schliesslich sind sie so eng umeinander gewunden, wie ein zusammengerollter Zwirnknäuel, so dass sie bei schwächerer Vergrösserung wie dichte blaugrüne Schläuche erscheinen, deren Gestalt den ursprünglichen Chlorochytrien entspricht (Fig. 5. l.).

Ausser dem Nostoc bewohnt die leeren Chlorochytrienzellen auch eine *Mastigothrix* (vermuthlich *M. aeruginea* Kg.), welche auch parasitisch in Chaetophoren, Batrachospermen und anderen Gallertalgen nistet; sie unterscheidet sich leicht durch ihre kurzgliedrigen cylindrischen an einem Ende abgerundeten, nach dem andern sich peitschenförmig verjüngenden olivengrünen Fäden (Fig. 5 k. ein einzelner Faden); meist lockerer gelagert als die Nostoccolonien, erfüllen die Mastigothrixfäden doch auch mitunter ganz dicht die hohlen Chlorochytriumblasen mit ihrem bräunlichgrünen Gespinnst. Vielleicht sind die von Reinke als Scytonema bezeichneten Phycochromaceen

der Gunnera unserer Mastigothrix verwandt. Auch eine dünne olivengrüne *Leptothrix* habe ich in solchem Vorkommen aufgefunden, bald in vereinzelten braungrünen, zarten aber langen, kurzgliedrigen Fäden, bald nach rascher Verlängerung knäuelartig auf der Innenwand der Chlorochytriumblase aufgewundene Nester bildend (Fig. 5 m.). Es ist auffallend, dass die verdickte Zellwand der letzteren mitunter intensiv gebräunt erscheint, was einer chemischen Einwirkung der eingenisteten Nostoceen, vielleicht der Ausscheidung von Phycocyan aus einzelnen abgestorbenen Fäden zuzuschreiben ist. Die Leptothrix in der Lemna ist wahrscheinlich *Leptothrix parasitica,* welche Kützing 1847 (bot. Zeit. p. 220) in Scytonemaceen und andern Algen schmarotzend beobachtete.

Selbst grüne Algen beziehen die leeren Wohnungen des Chlorochytrium, und ich habe namentlich das sichelförmig gekrümmte *Rhaphidium fasciculare* (Fig. 5 i.) zu vielen Tausenden theils allein, theils in Gesellschaft der Nostoceen im Innern der Lemna angetroffen. Bekanntlich vermehrt sich Raphidium auch massenhaft in gewöhnlichem Brunnenwasser, wenn dieses in ruhiger Aufbewahrung längere Zeit dem Lichte ausgesetzt ist, und bildet grüne Ueberzüge an den Wänden der Wassergläser; auch das Wasser, in welchem die *Lemna trisulca* vegetirte, war reichlich mit Raphidium erfüllt.

So finden wir denn im Innern der Lemna eine grosse Anzahl endophytischer Algen; aber das *Chlorochytrium* allein ist ein primärer Parasit; die Nostoceen dagegen, nebst dem Rhaphidium scheinen, so viel ich beobachtet, niemals selbstständig in das Gewebe der Lemna einzudringen, sondern nur als Aftermiether des Chlorochytrium aufzutreten; sie sind daher nur secundäre Endophyten.

Unsere Untersuchungen weichen daher von den Entdeckungen von Reinke und Janczewski, welche sich ebenfalls auf endophytische Nostoceen beziehen, nur in sofern ab, als diese Forscher die unmittelbare Einwanderung derselben in die Intercellularräume, und selbst in die Parenchymzellen ihrer Wirthe beobachtet haben: von den Versuchen, welche Rees über die Keimung von Collema gemacht, in sofern, als bei jener Gallertflechte umgekehrt ein Nostoc als Nährpflanze eines Ascomyceten auftritt.

Zu der Frage von der Natur der grünen Flechtengonidien treten unsere Beobachtungen nur in sofern in Beziehung, als sie, in Uebereinstimmung mit den von mir schon früher bei Florideen bekannt gemachten, auch auf die Möglichkeit hinweisen, dass chlorophyllhaltige Algen als Endophyten in fremdartigen Pflanzen leben können.

Schliesslich bemerke ich, dass in der *Lemna trisulca* noch andere Chlorosporeen nisten, welche theils im Innern der Parenchym- und der Epidermiszellen, theils in den Intercellulargängen leben, in letzteren confervenartige grüne Röhren bilden, die sich in kleinere, ein- oder mehrreihige Segmente zertheilen, und in dem anastomosirenden Intercellularnetz maschenartige Verbindungen nach Art eines Hydrodictyon bilden; doch habe ich die Entwicklungsgeschichte dieser Endophyten noch nicht vollständig feststellen können.

Breslau 9. Juni 1872.

Figuren-Erklärung.

Tafel II.

Chlorochytrium Lemnae.

Fig. 1. Zoosporen, von der Seite und von oben gesehen; die Anheftung der Wimpern wurde nicht beobachtet.

Fig. 2. Gekeimte Zoosporen; der unten abgerundete (a) oder spitze (b) Keimschlauch dringt zwischen die Blätter zweier Zellscheidewände in die Epidermis (a), von da in die nächst tiefere Parenchymschicht (b) und selbst in einen Intercellularraum der darunter liegenden Parenchymzellen (c).

Fig. 3. Ein ausgewachsenes Chlorochytrium, dessen Sporenknopf auf der Epidermis zurückbleibt, während der Bauch der Zelle unter Verdrängung des Nachbarparenchym in einen grossen Intercellularraum hineinragt (i).

Fig. 4. Epidermis von *Lemna trisulca*, von oben betrachtet; auf den Grenzen zweier Oberhautzellen sitzen die gekeimten Zoosporen des Chlorochytrium, als farblose Knöpfe; einzelne haben Keimschläuche durch die auseinander weichenden Blätter der Zellscheidewände in das untenliegende Parenchym getrieben, und beginnen sich bereits zu Kugeln auszudehnen.

Fig. 5. Schnitt aus *Lemna trisulca*, parallel der Epidermis, von der zwischen g e k noch ein Stück über den Parenchymzellen gezeichnet ist; die eingedrungenen Chlorochytriumschläuche, deren Sporenknöpfe bei a, b u. e noch auf der Oberhaut sichtbar sind, schwellen zu kuglichen (k l), ovalen (f), zusammengebogenen (e h), gelappten (i) oder

unregelmässigen (b c m) Zellen auf, deren sich fortdauernd vermehrendes grünes Protoplasma (vgl. a b c) sich durch freie Zellbildung (d) in grössere Segmente (e), diese dann allmählich in viele kleine Portionen (f g) zertheilt, welche zu Zoosporen sich gestalten (h etwas stärker vergrössert) und durch halsartige Fortsätze (g h) nach aussen entleert werden, während in die leere Mutterzelle (k i) durch die auseinander gerissene Epidermis (k) *Rhaphidium fasciculare* (i), *Mastigothrix aeruginea* (k), *Leptothrix parasitica* (m), und *Nostoc glomeratum* (l) einwandern, und den Bauch derselben mehr oder weniger dicht mit ihren zu Knäueln verfilzten Fäden ausfüllen. In einzelnen Chlorochytriumzellen zurückbleibende und keimende Zoosporen werden zu kugligen dickhäutigen Dauerzellen (k).

Vergrösserung 300; bei Fig. 1, 2, 3 u. 5 h 600.

Ueber einige durch Bacterien gebildete Pigmente.

Von

Dr. J. Schroeter.

Die kleinen Organismen, welche am häufigsten in ihren bewegten Formen als Bacterien, in ihren unbewegten als Bacteridien bezeichnet werden, stimmen darin überein, dass sie stickstoffhaltige, organische Stoffe (Protoplasmamassen) mit grosser Energie zur eigenen Ernährung verbrauchen, und dabei specifische Stoffe mannigfacher Art bilden.

Von diesen Producten fallen eine Reihe von Pigmenten mit am meisten in die Augen. Es sind lebhafte Färbungen der verschiedensten Art, die wir aus farblosen Protoplasma-Gebilden entstehen sehen, allein begleitet von massenhafter Entwickelung solcher kleiner Organismen, die wir demnach als alleinige Ursache der Farbenbildung ansehen müssen.

Eine Reihe von Culturen, die grösstentheils in den Wintermonaten 1868 bis 1870 im pflanzenphysiologischen Institute zu Breslau vorgenommen wurden, hatten den Zweck, Beobachtungen über derartige Pigmentbildungen zu sammeln. In Folgendem sollen kurz die erhaltenen Resultate nach der Reihe der Farben zusammengestellt werden.

Roth. Keine dieser Pigment-Bildungen hat bis auf die neueste Zeit so weitreichende Aufmerksamkeit erregt, wie die, als: „blutendes Brod," „Rothwerden der Speisen" u. s. w. bekannte Erscheinung. Es ist ein keineswegs seltenes Phänomen, welches nur dann, wenn es unter besonderen Umständen oder in auffallender Verbreitung auftrat, Beachtung gefunden hat.

In Breslau wurde diese Pigmentbildung vor einigen Jahren in grösserer Ausbreitung beobachtet, und dabei das Phänomen durch Prof. Ferdinand Cohn besprochen (Abhandlungen der Vaterländischen Gesellschaft für schlesische Cultur 1850). In geringerer Ausdehnung stellt sie sich hier fast jährlich ein, und ich sah sie

sich auf ausgelegten Kartoffelstücken in Häusern der verschiedensten Stadttheile entwickeln.

Dem pflanzenphysiologischen Institut wurde im Herbst 1868 von Herrn Redacteur Oelsner eine an ihrer ganzen Oberfläche roth gewordene Kartoffel eingeliefert. Von dieser wurde 6 Wochen später das Material zu Culturen entnommen, die den ganzen Winter hindurch fortgeführt wurden. Hierdurch schienen sich reichliche Keime in den Institutsräumen verbreitet zu haben, denn in der Folge bedurfte es nur des Auslegens von Nährsubstanz, um ziemlich sicher das Auftreten von rother Färbung in kleinen Theilchen zu erhalten, die dann beliebig vermehrt werden konnten. Nachdem in den letzten Jahren die absichtlichen Culturen eingestellt worden sind, scheinen sich die Keime ganz verloren zu haben, denn Prof. F. Cohn theilte mir mit, dass er die rothe Substanz nicht mehr erhalten hat, wiewohl er sehr darauf geachtet.

Spontan tritt die rothe Färbung in Form äusserst kleiner rosen- oder pfirsichblüthrother Schleimtröpfchen auf, die anwachsen bis zur Grösse eines starken Stecknadelknopfes, dann sich verflachen, zusammenfliessen und einen flachen Ueberzug über die Nährsubstanz bilden.

Der Schleim war dicht erfüllt mit den kleinen elliptischen Körperchen, welche von Ehrenberg zuerst gesehen und als *Monas prodigiosa* beschrieben worden sind. Sie blieben sich während der ganzen unveränderten Zunahme der rothen Substanz gleich, an Grösse sowohl als an Gestalt, sie zeigen in ihrer Schleim-Substanz gar keine, bei Wasser-Zusatz nur die gewöhnliche Molecularbewegung, sie sind daher nach oben angenommener Unterscheidung als *Bacteridium prodigiosum* (Ehrenberg unter *Monas*) zu bestimmen. (Sette beschrieb die rothen Schleimklümpchen schon 1824 als *Zoogalactina imetropha*, sah aber die einzelnen, sie constituirenden Organismen nicht, desshalb kann dieser Name keine Priorität für die Bezeichnung der Körperchen beanspruchen.) [1])

[1]) Es fanden sich zuweilen, und zu Zeiten, wo die oben beschriebene Bacteridienbildung nicht auftrat, auf Kartoffelscheiben Schleimtröpfchen von ähnlicher Farbe ein. Sie unterscheiden sich durch eine etwas hellere Abstufung der Farbe, dann dadurch, dass sich die Farbe während der ganzen Dauer ihrer Ausbreitung nicht änderte, auch durch Säuren und Alkalien nicht verändert wurde. Dabei breitete sich die Substanz flacher aus und erschien trockener. Bei mikroskopischer Betrachtung zeigte es sich, dass sie ganz aus einer Hefe bestand, welche in ihrer Form von der gewöhnlichen Bierhefe nicht zu unterscheiden war. In alten Culturen nahmen die Zellen Kugelform an und wurden grösser, frisch ausgesät sprossten sie, und bildeten kleine eiförmige Glieder wie Bierhefe. Die Zellen erschienen in Membran und Inhalt farblos.

Die Körperchen erscheinen farblos. Es wäre dies noch kein Grund, anzunehmen, dass sie nicht die Träger der rothen Färbung sind, sie könnten nur in grösserer Masse gefärbt erscheinen. Es ist indess anzunehmen, dass sie das Pigment nur in den sie umgebenden Schleim abscheiden, weil durch denselben andere Körper z. B. Pilzmycelien gefärbt werden und zwar in ihrem Inhalt, ohne dass die Bacteridien in die gefärbten Partieen gelangen.

Als Medium zur weiteren Entwickelung wurden Kartoffeln (gekocht und roh), Stärkekleister, Mehlbrei, Weissbrod, Hühner-Eiweiss (gekocht und roh), Milch, Fleisch (gekocht und roh) benutzt.

Auf rohen Kartoffeln, rohem Eiweiss und Fleisch fand keine Weiterverbreitung statt, während sie auf denselben Substanzen gekocht sehr üppig war. Es ist also für dieselbe nicht blos eine Nährsubstanz erforderlich, sondern diese muss sich auch in einem besonderen prädisponirten Zustande befinden. (Eine benutzbare Analogie für die Fortentwickelung von Contagien oder Miasmen im Körper.)

Von den anderen Substanzen erfolgte die Zunahme am geringsten auf geronnener Milch, sodann auf Stärkekleister, mehr auf gekochten Kartoffeln, Mehlbrei, am üppigsten auf geronnenem Eiweiss.

In den ersten 12 Stunden war eine Ausbreitung nicht wahrzunehmen, in den ersten 24 Stunden war sie sehr gering, dagegen am zweiten und besonders am dritten Tage am stärksten. Bis dahin verbreitete sich die Färbung centrifugal von der Infectionsstelle mehrere Centimeter weit und bildete zuweilen so dicke Schleimmassen, dass dieselben nach abhängigen Stellen abflossen. Ueber den fünften Tag hinaus konnte die Weiterentwickelung auf demselben Medium meist nicht fortgeführt werden.

Licht ist zur Bildung des Pigmentes nicht nöthig, aber ebensowenig scheint der Abschluss desselben die Entwicklung zu fördern, denn gleichzeitige Aussaaten auf Kartoffelscheiben hatten unter einer Glasglocke frei im Zimmer stehend und in einem finsteren Raume aufbewahrt nach 2 und 3 Tagen ungefähr gleiche Ausbreitung erlangt.

Die Färbung bildet sich immer nur an der Oberfläche der Nährsubstanz, freier Zutritt der Luft ist also wohl zu ihrer Bildung erforderlich. Weizenbrei wurde mit einer ziemlich bedeutenden Menge der Bacteridienmasse angerührt, so dass sie gleichmässig in dem Brei vertheilt wurde. Dieser wurde darauf in ein cylindrisches Glasgefäss gebracht. Nach 3 Tagen hatte sich der rothe Stoff sehr stark vermehrt und bildete auf der Oberfläche eine dicke gleichmässige rosenrothe Schicht. Im Inneren war der Brei ungefärbt geblieben und seine Oberfläche hob sich, von der Seite betrachtet, als ein rother

Saum von der inneren Masse ab. Ein gewisser Grad von Luftfeuchtigkeit ist zur Fortbildung des Pigments nöthig, doch braucht derselbe nur so gross zu sein, dass die Oberfläche der Nährsubstanz am Eintrocknen gehindert wird. In den Wintermonaten genügte das Ueberdecken mit einer geräumigen Glasglocke, das Einschliessen in eine Pappschachtel, um die ganze Entwickelung durchzuführen.

Die gewöhnliche Zimmertemperatur, welche bei Tage durchschnittlich etwa 12 Grad betrug, in der Nacht aber bedeutend sank, genügte zur reichlichen Fortpflanzung der Massen. Erhöhte Wärme im Wardschen Kasten bis zu 32° R. gesteigert, schien das Wachsthum nicht wesentlich zu befördern.

Die Bacteridien greifen lebhaft ihre Nährsubstanz an. Besonders deutlich ist dies auf Kartoffeln zu sehen. Die rothen Schleimklümpchen umgeben sich sofort mit einem bläulichen Hofe, der sich bei der Weiterentwickelung immer vergrössert und auch in die Tiefe erstreckt. Auf der Höhe der Culturen stellt sich sowohl bei Benutzung von Kartoffeln als der vom Eiweiss ein prägnanter Geruch ein, welcher weiterhin ähnlich stark und unangenehm wird wie der von faulendem Fleische, wiewohl er von ihm verschieden erscheint.

Auf Kartoffeln und Eiweiss nahmen die Bacteridienmassen schnell eine scharlach- resp. blutrothe Farbe an, und erhielten sich in dieser Abstufung während des zunehmenden Wachsthums. Wenn dann die Masse sich über die ganze Nährsubstanz ausgebreitet hatte, war die Aehnlichkeit mit Blut recht bedeutend. Am fünften Tage nach der Aussaat wurde die Farbe meist heller, ziegelroth, orange und ging dann später immer mehr ins gelbliche über. Endlich verlor sich die rothe Farbe ganz, und die Cultur-Fläche erschien mit einer schmutzig gelblichen, flüssigen Schleimmasse überzogen.

Wenn man diese Zerstörung der Farbe nicht abwartet, sondern den blutrothen Schleim abtrocknen lässt, so färbt er sich wieder karminroth, wird immer dunkeler und trocknet endlich zu einer dunkel kirschrothen, fast schwarzen Kruste zusammen.

Auf Mehlbrei, Weissbrod und Stärkekleister behielt die Masse gewöhnlich andauernd karminrothe Farbe, doch wenn sich in Vertiefungen der Nährflächen grössere Mengen anhäuften, wurden sie meist auch hier blutroth.

Das Blutroth ist wohl die normale Farbe des hier betrachteten Bacterienpigmentes, denn bei dieser Färbung erhielt es sich während der Zeit der üppigsten Vegetation, und dabei blieb die Reaction immer neutral.

Die Umänderung des Farbstoffes in Orangen-, Ziegelroth, Gelb

entspricht der Veränderung, welche derselbe durch Alkalien erleidet. Es ist leicht zu constatiren, dass die Bildung eines alkalischen Stoffes auch im Verlaufe der Vegetation die Ursache der Verfärbung ist, denn bei Beginn der orangerothen Verfärbung wird neutrales Lakmuspapier durch den Schleim blau gefärbt, eine Reaction, welche bei der späteren Farbenänderung immer stärker wird.

Mit Beginn der Verfärbung bemerkt man unter dem Mikroskope in dem Schleime das Auftreten bewegter Bacterien. Dieselben nehmen immer zu, ihrer Menge entsprechend auch die alkalische Reaction und die Entfärbung. In dem schmutziggelben Schleime wimmelt es endlich nur noch von solchen Organismen, während die unbewegten Körperchen verschwunden scheinen.

Man könnte geneigt sein zu glauben, dass sich die ruhenden Bacteridien in die lebhaft bewegten Elemente umgewandelt hätten, dass zwischen dem rothen Bacteridien-Schleime und den Bacterien ein Verhältniss obwaltete, wie zwischen *Zoogloea* und *Bacterium Termo*. — Da sich aber Bacterien, wie die genannten, auch ohne vorheriges Auftreten von *Bd. prodigiosum* auf den benutzten Nährsubstanzen einfinden, muss zugegeben werden, dass sich die Bacterien auch parasitisch in dem rothen Schleim niederlassen können, und dann vielleicht die Bacteridien zu ihrer Ernährung verbrauchen. Jedenfalls sind sie es, die den alkalischen Stoff bilden und durch dessen weitere Entwicklung das rothe Pigment zerstören.

Dass auf Stärkekleister und Mehlbrei die Färbung karminroth wurde, scheint mir dem Einfluss einer schnell sich bildenden Säure zuzuschreiben zu sein, im Stärkekleister ist eine solche bald nachzuweisen.

Es war nicht schwer, die Culturen zu Ende zu führen, ohne dass sie durch Schimmelbildung gestört wurden. Dazu mochte die nur mässig hohe Temperatur während der Culturperiode beitragen, besonders aber auch der Umstand, dass die gekochten Nährsubstanzen sogleich nach ihrem Herausnehmen aus dem Wasser inficirt und isolirt wurden. Mehrmals wurde Bildung von Schimmel auf dem Substrat absichtlich nicht vermieden. Die Mycelien wuchsen dabei zum Theil in die Bacteridienmassen hinein, bei spärlicher Entwickelung auch direct auf der rothen Substanz, bei üppigem Wachsthum um die rothen Flecken herum. In letzterem Falle wird die Masse bald dünnflüssig, nimmt eine tief kirschrothe, etwas zu violett neigende Färbung an und erhält sich in diesem Zustande oft wochenlang.

Eine solche Farbenumänderung bringen manche Säuren in dem Pigment hervor. In der That zeigt auch die obige kirschrothe Sub-

stanz eine schon durch Lakmuspapier nachweisbare sauere Reaction. Es scheint, dass bei der üppigen Vegetation der Schimmelpilze reichliche Säure-Ausscheidung Statt findet, wodurch das Pigment verändert wird.

Wenn Schimmelpilze auf der rothen Substanz wachsen, so werden sie gewöhnlich theilweise selbst roth gefärbt. Es sind jedoch nur die unteren Glieder der kriechenden Mycelien, welche die Färbung annehmen. In diesen erscheint das Protoplasma contrahirt und durch und durch roth. Auch die Membranen der Hyphen werden nicht selten gefärbt, nur erscheinen sie gegen den Inhalt viel blasser. Auch die Zellhäute der Nährsubstanz nahmen nicht selten blassrothe Farbe an. Die lebenden Schimmelrasen, welche sich über den rothen Massen erhoben, erschienen farblos, bei fructificirendem Mucor stieg das Pigment nie in die Fruchthyphen auf, nur wenn diese umfielen oder abstarben wurden sie, wie die Sporenköpfchen, roth. Es scheint demnach, dass nur das getödtete Protoplasma die Färbung annimmt.

Einmal beobachtete ich eine üppige Entwickelung von Penicillium auf der rothen Bacteridienmasse. Die Fruchthyphen hatten sich meist zu dicken fleischigen Stielen verbunden *(Coremium)*. Mit blossem Auge betrachtet sahen die ganzen Rasen goldgelb aus. Bei mikroskopischer Untersuchung erschien in dem unteren Theil des kriechenden Mycels das contrahirte Protoplasma karminroth, an dem Grunde der Fruchthyphen war der Inhalt orangeroth, weiter oben goldgelb gefärbt; dieselbe Farbe hatten die Sporen. Hier hatte sich der lebende Pilz also aus dem rothen ein gelbes Pigment gebildet.

Werden die auf Kartoffeln oder auf Eiweiss gezogenen blutrothen Massen in Alkohol gebracht, so löst sich der Farbstoff vollständig. Die Tinctur lässt sich klar abfiltriren und es bleiben auf dem Filtrum nach gehörigem Auswaschen nur ungefärbte Theile zurück.

Die Tinctur hat eine brennend orangerothe Farbe. Abgedampft bleibt eine dunkelkarminrothe Kruste in der Schale. Wasser löst von derselben nichts auf. Aether bleibt darüber ebenfalls farblos, er löst aber dennoch einen Theil des Farbstoffes, denn wenn man ihm nach dem Abgiessen Essigsäure zusetzt, so wird er rosenroth gefärbt. Die Säure, welche sich nicht mit ihm mischt, bleibt farblos am Boden des Glases.

Alkohol löst den ganzen Farbstoff wieder in der ursprünglichen orangerothen Färbung. Diese Tinctur reagirt neutral, sie ist in diesem Zustande ein scharfes Reagens auf Säuren und Alkalien: ein Tropfen Säure färbt sie lebhaft karminroth, ein Tropfen einer alkalischen Lösung färbt sie gelb.

Schwefelsäure färbt die Tinctur erst karminroth, in grösserer Menge zugesetzt, schön veilchenblau. Erst ein sehr starker Zusatz der Säure entfärbt die Tinctur zu einer gelblichen Flüssigkeit, in welcher Alkalien die Farbe nicht mehr herstellen.

Salpetersäure und Essigsäure färben karminroth, später leicht violett, aber nicht so intensiv wie Schwefelsäure.

Chlorwasserstoffsäure in geringer Menge zugesetzt färbt anfangs lebhaft karminroth, doch bedarf es nur eines etwas stärkern Zusatzes, um vollständig zu entfärben. Die rothe Farbe wird dann durch Alkalien nicht wieder hergestellt.

Ammoniak, ebenso Kali-Lösung färben die Tinctur hellgelb. Säuren stellen die orangerothe Farbe wieder her.

Ebenso entfärbt ein Tropfen Schwefelammonium. Durch Kochen wird die rothe Farbe wieder zurückgerufen.

Wird der Farbstoff mit einem Theile der Kartoffeln, auf denen er sich entwickelt hat, gekocht, so entsteht ein gleichmässig pfirsichblüthroth gefärbter Kleister. Zusatz von viel Schwefelsäure verwandelt denselben in eine klare veilchenblaue Flüssigkeit.

Die orangerothe ebenso wie die durch Säuren carminroth gefärbte Tinctur färben vegetabilische Zellmembranen schwach, animalische Theile (Wolle, Seidenfäden) sehr intensiv. Diese schon früher oft genug hervorgehobene tingirende Kraft wird praktisch unverwerthbar dadurch, dass die Farbe durch das Tages-Licht in wenigen Tagen zerstört wird. Es ist auch mir nicht gelungen, eine Verbindung zu finden, durch welche das Pigment haltbar gemacht werden könnte, nur die durch Schwefelsäure aus dem rothen Kleister gebildete veilchenblaue Flüssigkeit sah ich wochenlang ihre Farbe unverändert behalten.

Vor dem Spectroskop zeigt die alkoholische Lösung des Farbstoffes sehr charakteristische Eigenthümlichkeiten [1]).

Die orangerothe Flüssigkeit zeigte bei stärkster Concentration eine vollständige Absorption aller Strahlen jenseits 59, gegen die vorderen Theile des Spectrums scharf abgeschnitten. Bei Verdünnung ein schwarzes breites Absorptions-Band von 62 bis 68, sodann Verdunkelung, von 75 wieder vollständige Absorption.

Wenn die Tinctur nach Zusatz von einigen Tropfen Essigsäure

---

1) Zur Untersuchung wurde ein Stativ-Spectroskop von Rexroth benützt, bei welchem das Spectrum durch eine darauf geworfene Scala in 150 Theile getheilt wird. Die Scala wird so niedergestellt, dass der Anfang des Natrium-Streifens auf 50 zu stehen kommt.

intensiv karminroth gefärbt war, zeigte sich bei stärkster Concentration die scharf abgeschnittene Absorption schon von 56 an, bei Verdünnung 2 war die Absorption von 59 an scharf abgeschnitten, etwas Blau und Violett schimmerte von 100 ab durch. Bei grösserer Verdünnung 3: Schwarzer Absorptionstreifen von 59 bis 80, dann Verdunkelung bis 110. Bei noch stärkerer Verdünnung 4: Tiefschwarzer Absorptionsstreifen von 61 bis 68 von da abnehmende Trübung bis 68.

Die durch Schwefelsäure violett gefärbte Tinctur zeigte ein schwarzes Absorptionsband von 59 bis 68, Trübung bis 80, also fast dieselben Erscheinungen, nur wurden mehr blaue und violette Strahlen durchgelassen.

Um das hier betrachtete Pigment mit anderen Farbstoffen zu vergleichen, wurden zunächst einige rothe Pilzfarbstoffe untersucht, die möglicherweise hätten ähnliches Verhalten zeigen können, da sie auch ohne Einfluss von Chlorophyll gebildet sind.

Arcyria punicea Pers. enthält in Capillitium und Peridium einen rothen Farbstoff, der sich nur schwach in warmem Wasser, schnell und vollständig in Alkohol löst. Die Farbe der Capillitien ähnelt den jungen, rosenrothen Bacteridien-Colonieen, die der Farbstofflösung ist orangeroth, etwas bräunlich. Durch Schwefelsäure wird die Farbe nicht verändert, eben so wenig durch Salzsäure, durch Salpetersäure wird sie beim Erwärmen zerstört; durch Ammoniak wird sie violettroth gefärbt.

Agaricus (Amanita) muscarius L. besitzt in der Haut seines Hutes ein Pigment, welches dem des frischen auf Eiweiss cultivirten *B. prodigiosum* ähnlich erscheint. Aus der abgezogenen Haut des Hutes wird durch Alkohol der Farbstoff sehr vollständig gelöst, auch in Wasser ist er theilweise löslich. Die Tinktur besitzt eine schöne hellgelbgrüne Fluorescenz. Säuren bringen keine Farbeveränderung hervor, ebensowenig Alkalien. Spectroskopisch untersucht zeigte eine gesättigte Lösung keinen Absorptionsstreifen, sondern nur eine zunehmende Trübung des Spectrums von 70, von 74 an Absorption.

Die Haut des Hutes von *Russula integra* L. in ihrer rothen Form besitzt einen rothen Farbstoff, der in gewöhnlichem Spiritus eine rosenrothe Tinctur giebt, ebenso wie die schwachangesäuerte Lösung des Pigmentes von *B. prodigiosum*. Absoluter Alkohol löst den Farbstoff gar nicht, kochendes Wasser aber schnell bis zur stärksten Concentration. Die Lösung ist purpurroth, etwas ins Violette spielend, sie fluorescirt schön hellblau. In starker Concentration lässt

die Flüssigkeit fast nur rothe Strahlen durch, das Spectrum ist verdunkelt von 51 an, Absorption beginnt bei 54. Bei einiger Verdünnung zeigt sich ein Absorptionsstreifen von 58 bis 64, dann Trübung und von 70 ab wieder Absorption. Alkalien und Säuren verändern die Farbe nicht.

Die Rasen eines kleinen Becherpilzes: *Peziza sanguinea* Pers. ähneln in ihrer Farbe sehr den eingetrockneten Massen des *Bd. prodigiosum*. In Alkohol löst sich ihr Farbstoff mit granatrother Farbe. Durch Zusatz von Ammoniak wird die Tinctur bräunlich, dann braungrün. Schwefelsäure verändert sie anfangs gar nicht, erst durch längere Einwirkung tritt Verfärbung ein. Die Lösung lässt bei starker Concentration vom Spectrum nur rothe Strahlen durch (36 bis 44), bei doppelter Verdünnung auch grüne (bis 80). Die durch Ammoniak umgeänderte Tinctur zeigt zwei blasse: von 46 bis 49 und 53 bis 56 und Absorption der Strahlen von 70 ab[1]).

Die angeführten Reactionen werden genügen, um festzustellen, dass keiner der hier verglichenen Farbstoffe aus verschiedenen Familien der Pilze mit dem Pigment, welches durch *Bacteridium prodigiosum* gebildet wird, Aehnlichkeit hat.

Ebensowenig kommen ihm die Farbstoffe aus Blüthen und Früchten phanerogamischer Pflanzen nahe. Bei keinem derselben fand ich die schnelle Entfärbung durch Alkalien, und ebensowenig bei spectroskopischer Untersuchung das charakteristische Absorptionsband in Grün.

Otto Erdmann hat der Pigmentbildung durch Bacterien eine neue interessante Seite abgewonnen, indem er zeigte, dass einige dieser Producte in ihren Reactionen auffallend mit gleichartigen Anilinfarben übereinstimmen. (Dr. Otto Erdmann. Bildung von Anilinfarben aus Proteinkörpern. Im Journal für praktische Chemie, herausgegeben von O. L. Erdmann und G. Werther Leipzig 1866. S. 385—407.) Um seine Beobachtungen zu wiederholen und etwas zu erweitern, untersuchte ich das chemische und spectroskopische Verhalten einer Fuchsinlösung, welche in ihrer Färbung ganz mit der karminroth

---

1) Die Peziza erscheint bei schwacher Vergrösserung schwarz, von einem blutrothen Filz umgeben. Unter dem Mikroskop zeigt sich der Filz aus dünnen, granatrothen Fäden gebildet. Die Peziza selbst besteht aus einem rothen und einem grünen Theile. Roth ist das Gewebe des Bechers, besonders die Rinde, grün sind die Paraphysen und Schläuche. Durch Ammoniak werden die Fäden des Filzes spangrün gefärbt, während das Grün der Paraphysen wie vorher saftgrün erscheint. Schwefelsäure verändert die Farben nicht.

gemachten Lösung des obigen Bacteridienpigmentes übereinzustimmen schien [1]).

Der Farbstoff ist in Alkohol vollkommen, aber auch in Wasser zum Theil löslich.

Schwefelsäure in geringer Menge färbte violett, beim Zusatz einer grösseren Quantität tritt Entfärbung ein, viel schneller als bei der Tinctur von *B. prodigiosum*. Ebenso verhielt sich Salpetersäure. Essigsäure veränderte die Farbe nicht.

Chlorwasserstoffsäure entfärbte schon in geringer Menge zugesetzt. Kalilösung stellte Anfangs die rothe Farbe wieder her.

Ein Tropfen Ammoniak entfärbte sofort. Die Tinctur wurde wasserhell, nicht gelblich wie bei *B. prodigiosum*. Durch Kochen und durch Zusatz von Säuren wurde die rothe Farbe wieder hergestellt. Wie Ammoniak verhält sich auch Schwefelammonium.

Spectroskopisch untersucht zeigte eine stark concentrirte Lösung eine scharf abgeschnittene Absorption aller Strahlen jenseits 53, es wurde also Gelb und Grün vollständiger absorbirt, als in der karminrothen Bacteridien-Tinctur. Bei starker Verdünnung erschien ein scharf begrenzter Absorptions-Streifen zwischen 56 und 61 und Trübung des übrigen Grüns [2]).

Es geht aus diesem Vergleiche hervor, dass das Anilinroth ganz wesentliche Aehnlichkeiten mit unserem Bacteridienpigmente hat. Gemeinsam ist beiden die Violettfärbung durch Schwefelsäure und Salpetersäure, die Entfärbung durch Salzsäure, Ammoniak und Schwefelammonium, sogar ein ähnliches spectroskopisches Verhalten.

Dabei finden sich aber immer noch scharf ausgesprochene Verschiedenheiten. In wieweit die grosse Aehnlichkeit des Verhaltens gestattet, auf chemische Verwandtschaft der beiden Farbstoffe zu schliessen, vermag ich nicht zu entscheiden.

---

[1]) Diese und die in der Folge zur Vergleichung benützten Anilinfarben, wurden durch den Docenten der Chemie in Proskau Herrn Dr. Friedländer freundlichst mitgetheilt.

[2]) Ein Anilingrün zeigte, in Spiritus gelöst, vor dem Spectroskope einen breiten Absorptionsstreifen in Roth (bei schwacher Concentration 38 bis 44) und Verdunkelung von Blau und Violett (von 96 an). Mischt man dieses Anilingrün mit etwas Fuchsinlösung, so erhält man eine grüne, roth schimmernde (nicht deutlich fluorescirende) Tinctur, welche Absorptionsstreifen in Roth und Grün und Verdunkelung von Blau und Violett, mithin eine oberflächliche Aehnlichkeit mit Chlorophylltinctur hat.

Orange. Die Schleimmassen des *B. prodigiosum* treten unter den erwähnten Umständen als orangerother Schleim auf.

Es besteht aber gewiss auch eine Bildung orangerothen Pigmentes, welche mit der genannten Erscheinung nicht im Zusammenhange steht.

Ich sah während der beschriebenen Culturen zwischen den lebhaft rosenrothen Tröpfchen des *B. prodigiosum* auch kleine pommeranzenfarbene Klümpchen auftreten, und erhielt dieselben auf ausgelegten Kartoffelstücken auch ohne jene. Sie wuchsen von stecknadelkopfgrossen Kugelchen zu weitverbreiteten Flecken an, behielten von Anfang bis zu Ende dieselbe Pommeranzenfarbe, und bestanden ganz aus unbewegten Körperchen.

Gelb. Bei den Bacteridienculturen auf Kartoffelstücken stellten sich ausser den aufgeimpften, überhaupt häufig noch fremde Colonien von kleinen Organismen aus derselben Familie ein. Von diesen erschienen am häufigsten solche in Gestalt kleiner hellgelber Tröpfchen. Anfangs mohnsamengross, wachsen sie in etwa 3 Tagen zur Grösse eines halben Pfefferkornes heran, dann vergrössern sie sich nicht mehr, sondern vertrocknen, wobei sie ziemlich regelmässig eine flach schildförmige Gestalt, mit spitz hervortretender nabelförmiger Mitte annehmen. Sie fanden sich bei den meisten Culturen spontan ein, es gelang aber nicht sie in grösserer Menge zu cultiviren.

Die Tröpfchen bestanden aus elliptischen unbewegten Körperchen, etwas grösser als *Bact. prodigiosum*. Ihr Inhalt erschien unter dem Mikroskop farblos, stark lichtbrechend.

Schwefelsäure und Alkalien veränderten die gelbe Farbe nicht[1]).

---

[1]) Auf einer Mitte November 1868 zur Bacterienkultur ausgelegten gekochten Kartoffel fanden sich nach einigen Tagen chromgelbe Häufchen, welche sich durch ihre trockene bröckelige Beschaffenheit schon von vornherein von den Bacterien-Schleimklümpchen unterschieden. Es fand sich, dass sie ganz aus Sarcine bestanden. Die einzelnen Individuen erschienen farblos, zu den charakteristischen packetähnlichen Colonien gruppirt. Das Institut besitzt Originalexemplare der *Sarcina ventriculi* von Suringar, die der hier vorgefundenen vollkommen glich.

Von den unregelmässigen sogenannten sarcineartigen Concretionen, welche sich häufig auf Kartoffeln, z. B. bei alten Hefeculturen bilden, ist die ächte Sarcine völlig verschieden.

Vielleicht ist das Schmarotzen auf stärkemehlhaltigen Nahrungsmitteln ausserhalb des menschlichen Körpers häufiger. Mit diesen könnte sie in den Magen gelangen und sich weiter entwickeln.

Verschieden von dieser Pigmentbildung ist die in der sogenannten gelben Milch. Ich sah dieselbe zuerst spontan im Januar 1869 auftreten. Gekochte Milch, welche im pflanzenphysiologischen Institute in einem weiten Glasschälchen frei der Luft ausgesetzt war, wandelte sich nach einigen Tagen ziemlich plötzlich in eine citronengelbe Flüssigkeit um. Kleine Portionen derselben wurden jetzt in Schälchen gekochter und ungekochter Milch übertragen, zur Controle nicht inficirte Milch verdeckt daneben gestellt. In dieser entstand keine Gelbfärbung, aber auch in der ungekochten Milch entwickelte sich die Färbung nicht weiter. Die gekochte inficirte Milch gerann nach 24 Stunden, während sich die nicht inficirte 6 Tage unverändert hielt. Nach 2 Tagen zeigte sich deutlich beginnende Gelbfärbung. Dabei wurde die geronnene Masse weicher, die Molkenflüssigkeit nahm zu. Nach und nach lockerte sich der Zusammenhang des geronnenen Käsestoffs immer mehr, er zerfiel in kleinere Gerinnsel, die sich mit der fortschreitenden Bildung gelber seröser Flüssigkeit immer mehr verkleinerten. Nach etwa 6 Tagen war die Milch vollständig in eine citronengelbe wässerige Flüssigkeit verwandelt, in der nur noch kleine Käsestoffflocken herumschwammen, dieser war also unter Bildung des Pigmentes verzehrt worden.

In späterer Zeit beobachtete ich die Erscheinung noch öfter, und ich konnte dann durch Uebertragung beliebige Mengen gekochter Milch gelb färben, während mir in ungekochter Milch der Versuch immer fehl schlug.

Bei der mikroskopischen Untersuchung fand sich die gelbe Milch immer dicht erfüllt von lebhaft bewegten stäbchenförmigen Bacterien, die ich von denen, welche das Sauerwerden der Milch begleiten, nicht unterscheiden konnte, doch waren sie bedeutend zahlreicher vorhanden als in der gewöhnlichen, farblosen saueren Milch. Sie sind wohl identisch mit Ehrenberg's *Vibrio synxanthus*, können also als *Bacterium xanthinum* (Ehrenberg) bezeichnet werden.

Die Reaction der gekochten Milch, anfangs neutral, wurde kurz nach der Inficirung sauer, mit Beginn der Gelbfärbung und der Zunahme der Bacterien trat alkalische Reaction ein, dieselbe nahm zu und wurde zuletzt sehr stark. Die Reihenfolge der Reactionen ist also hier dieselbe wie bei anderen Bacterien-Culturen. Die Entwicklung derselben beginnt mit einer sauren Reaction, im weiteren Verlauf wird dann ein alkalischer Stoff ausgeschieden.

Die Bacterien erschienen unter dem Mikroskop farblos. Wurde die gelbe Flüssigkeit filtrirt, so lief sie klar ab, auf dem

Filtrum blieben Bacterien und Käsestoffflocken als graue Masse zurück.

Das Pigment scheint immer schon einige Zeit vorher gebildet zu werden, ehe es in die Augen fällt. Ich fand, dass die Molkenflüssigkeit, welche am dritten Tage nach der Infection bedeutend zugenommen hatte aber nur sehr wenig gefärbt war, bei Zusatz von Alkalien lebhaft gelb gefärbt wurde. Die gelbe Farbe wurde hier wahrscheinlich durch die noch vorhandene Milchsäure verdeckt.

Eine Beobachtung, welche ich bei den letzten Culturen machte, scheint für den Zusammenhang der dieses Pigment bildenden Bacterien mit anderen Organismen der Familie zu sprechen. Wenn ich *Bacteridium prodigiosum* auf gekochte Milch übertrug, verbreitete es sich wenig weiter. Einigemal sah ich, dass darauf die Molkenflüssigkeit eine bläuliche Farbe bekam und bedeutend zunahm, nach einigen Tagen folgte dann plötzlich die Gelbfärbung der Serums unter massenhafter Bildung der bewegten Bacterien und Auflösung des Käsestoffs. Dass hier wirklich eine Umwandlung der Bacteridien Statt gefunden, möchte ich noch nicht behaupten.

Die filtrirte Flüssigkeit erschien vollkommen klar, intensiv citronengelb mit einem geringen Schimmer zu Grün. Beim Eindampfen wurde sie dunkler, bernstein- resp. honiggelb, und trocknete auf der Abdampfschale zu einer gelbbraunen Kruste ein.

In Alkohol und Aether löste sich von dem so eingetrockneten Pigmente nicht das Mindeste.

In Wasser wurde es vollkommen aufgelöst.

Alkalien: Aetzkali, Ammoniak, veränderten die gelbe Farbe nicht.

Säuren (Essigsäuren, Schwefel-, Salpeter-, Salzsäure) entfärbten sofort, und schon beim Zusatz geringer Mengen.

Alkalien riefen sodann die gelbe Farbe wieder zurück.

Vor dem Spectroskop zeigte die gelbe Lösung nur eine mit der Concentration zunehmende Trübung der Strahlen diesseits und jenseits Gelb, keinen charakteristischen Absorptionsstreifen.

Zum Vergleiche mit diesem Pigmente wurde ein Farbstoff untersucht, welcher mir als „Anilingelb“ übergeben worden war. Er löste sich in Alkohol und Aether zum Theil, aber nur sehr unvollkommen, dagegen vollständig in Wasser.

Die wässrige Lösung erschien in geringer Concentration citronengelb mit einem leichten Schimmer zu Grün, in starker Concentration honiggelb. Alkalien veränderten die Farbe nicht. Säuren entfärbten

sofort; Alkalien stellten die gelbe Farbe wieder her, nur in etwas geringerer Intensität.

Spectroskopisch untersucht zeigte die Lösung keinen bestimmten Absorptionsstreifen, nur eine Verdunkelung der nicht gelben Strahlen.

Es besteht nach diesem Vergleiche wieder eine sehr grosse Aehnlichkeit in dem Verhalten des Pigments der gelben Milch gegen einige Reagentien, mit dem einer Anilinfarbe von gleicher Farbenabstufung.

Grün. Auf ausgelegten Stücken gekochter Kartoffeln sah ich einigemal eine fleckweise Grünfärbung eintreten. Die Farbe war ein dunkeles Saftgrün, sie begann am Rande der Scheiben, breitete sich excentrisch aus und drang etwas in die Nährsubstanz ein. Eine Schleimauflagerung war nicht vorhanden, Bacterien vermochte ich nicht aufzufinden. So sehr ich auch geneigt bin, diese Pigment-Bildung bei Abwesenheit jeder anderen Ursache, auf Bacterien zurückzuführen, so kann ich sie doch nur als zweifelhaft in den Kreis dieser Betrachtungen ziehen.

Eine genauer bekannte Production von grünem Farbstoff durch Bacterien findet in dem sogenannten grünen Eiter Statt. Nach den von Anderen darüber vorgenommenen Untersuchungen, wird er durch bewegte Bacterien gebildet. Ich habe mehrfach grünen Eiter auftreten sehen, aber nicht in grosser Ausbreitung und unter Umständen, die mir eine mikroskopische und chemische Prüfung nicht möglich machten. Die Farbe war in diesen Fällen immer gleichmässig spangrün, etwas nach Blau übergehend. Auffällig war die, schon andererseits hervorgehobene Thatsache, dass das Pigment nicht sowohl an dem Eiter haftet, der die Bacterien enthält, sondern in die Fäden der aufgelegten Charpie und Compressen einzieht und diese in weiter Ausdehnung färbt. Es geht daraus hervor, dass auch hier nicht die Bacterien Träger des Farbstoffes sind, sondern dass er von diesen in die umgebende Flüssigkeit ausgeschieden wird.

Blau. Auf einer im Anfang Januar 1870 zur Bacteriencultur ausgelegten gekochten Kartoffelscheibe wurde eine umfangreiche sehr intensive Blaufärbung beobachtet. Sie nahm schnell zu, so dass die Scheibe in der Ausdehnung mehrerer Centimeter davon eingenommen wurde, und schritt auch in die Tiefe fort und durchdrang nach und nach das Gewebe bis zur entgegengesetzten Seite der Scheibe. Bei mikroskopischer Untersuchung wurden im Innern der blaugefärbten

Masse keine Bacterien vorgefunden, die Membranen der Stärkekörner waren hellblau gefärbt, zwischen ihnen wucherte reichlich ein Pilz mycel, dessen contrahirter Inhalt tief indigoblau gefärbt erschien.

Von der blauen Masse wurde eine Aussaat auf frische Kartoffelstücke gemacht. Erst nach 10 Tagen zeigte sich an den Impfstellen eine blauviolette Färbung. Hier wurde das Vorhandensein kleiner elliptischer, unbeweglicher Organismen constatirt. Die Färbung schritt centrifugal fort, wurde tief indigoblau, und drang wieder weit in die Tiefe. Bei mehreren darauf wiederholten Culturen trat immer nach etwa 10 Tagen dieselbe Pigmentbildung in derselben Weise auf.

Der blaue Farbstoff wurde durch Säuren intensiv karminroth gefärbt, Alkalien stellten die blaue Farbe wieder her, Säuren färbten dann wieder roth. Das Pigment verhält sich darin ganz so wie Lakmus, zu dessen Bildung ist mithin kein den Flechten eigenthümlicher Stoff erforderlich.

Da ich im Inneren der blaugewordenen Substanz keine Bacterien, dagegen sehr constant ein Pilzmycel auffand, war ich lange geneigt, Letzterem die Blaufärbung zuzuschreiben. Diese Vermuthung musste schon desshalb aufgegeben werden, weil nicht überall in den blauen Massen Mycal nachweisbar war, und die Zellen der Nährsubstanz ebenso wie der Pilz blau gefärbt waren. Es ist anzunehmen, dass die Bacteridien sich nur an der Oberfläche vermehren und nur hier, wie *B. prodigiosum,* das Pigment bilden. Dieses scheint in Wasser löslich zu sein, und desshalb von der Oberfläche aus in die Nährsubstanz einzudringen und sie zu färben.

Das regelmässige Auftreten des Schimmels mit der Pigmentbildung in meinen Culturen erklärt sich leicht dadurch, dass von der ersten Cultur-Stelle gleichzeitig mit den Bacteridien Schimmelsporen und lebende Mycelstücke übertragen und dann immer weiter fortgepflanzt wurden.

Dieser Schimmel zeigte im Fortschritt seiner Vegetation eine bemerkenswerthe Farbenveränderung. Wenn die Hyphen als zarte Rasen aus der Nährsubstanz hervorsprossten, erschienen sie rosenroth, unter dem Mikroskop farblos. Später färbten sie sich violett, dann tief blau. Bei dem Fortschreiten der Färbung war stets ihr äusserster Umkreis von einem rosenfarbenen Schimmelflaum gebildet, an diesen grenzte ein violetter Kreis entwickelterer Hyphen, die Mitte des Fleckes, in der sich nur abgestorbene Mycelien fanden, war tief blau. Die Farben-Aenderung ist kongruent mit auf einanderfolgender Einwirkung einer Säure und eines alkalischen Stoffes

auf das Pigment. Es lässt sich daraus wohl schliessen, dass auch hier durch die Vegetation der Bacteridien anfangs saure, später alkalische Substanzen gebildet wurden [1]).

Das hier betrachtete blaue Pigment, ist in seinen Reactionen gänzlich verschieden von dem der blauen Milch, wie sie O. Erdmann (a. a. O. S. 405) angiebt. Nach den dort citirten Untersuchungen von Dr. Trömmer verändern Aetzkali und Natron den Farbstoff derselben in Pfirsichroth, Säuren stellen die rothe Farbe wieder her. Erdmann bestätigt dies und fügt hinzu: „Ammoniak verändert die Farbe wenig ins Violett, während Essigsäure sie wieder herstellt. Salzsäure zerstört sie nicht. Salpetersäure (rauchende) zerstört sie. Chlorwasser desgleichen.“ „Die gegebenen Reactionen sind wiederum die der Anilinkörper, und zwar desjenigen Anilinblaues, das man nach A. W. Hoffmann's Untersuchungen als Triphenylrosanilin betrachtet.“

Wie es scheint wird das Pigment durch lebhaft bewegte Bacterien gebildet, welche sich in zahlloser Menge in der blauen Milch finden.

Es existiren also zwei specifisch verschiedene blaue Bacterien-Pigmente, das eine durch unbewegte Bacteridien, das andere durch bewegte Bacterien gebildet, ebenso, wie wir es bei dem gelben Farbstoff gesehen haben.

Violett. Eine der schönsten der hier besprochenen Pigmentbildungen sah ich im Januar 1870 auf Kartoffelscheiben, welche Herr Dr. phil. Schneider zur Bacterien- und Schimmelbildung ausgelegt hatte. Neben Häufchen des *B. prodigiosum* und den beschriebenen gelben Tröpfchen fanden sich hier Schleimklümpchen von lebhaft veilchenblauer Farbe ein. Sie wuchsen heran und flossen zu flachen Flecken zusammen, die etwa bis 6 mm im Durchmesser hatten. Die Masse bestand aus unbewegten, farblosen elliptischen Körperchen, grösser als *B. prodigiosum*, und von diesem dadurch weit verschieden, dass sie zu mehreren kettenartig verbunden waren.

Weitere Culturen gelangen mir nicht, und der Farbstoff wurde nicht näher untersucht.

---

[1]) Der erwähnte Schimmelpilz erwies sich bei der Sporenbildung als ein *Fusisporium*, von *F. Solani Martius* morphologisch nicht verschieden. Vielleicht sind *Fusisporium roseum* und *violaceum auct.* ähnliche Formen, die auch nur ihr Pigment von der Substanz, auf welcher sie wachsen, angenommen haben.

Braun. Anfang Januar 1868 war zur Cultur von Mucor-Gonidien ein Aufguss von Mais- und Weizen-Körnern ausgesetzt worden. Die Mucor-Mycelien waren nach üppiger Entwicklung grösstentheils zu Boden gesunken. Auf der Oberfläche bildete sich nach und nach eine dicke Schwarte von Penicillium-Mycel, die Flüssigkeit trübte sich und erfüllte sich mit lebhaft bewegten Bacterien. Nachdem die Flüssigkeit etwa drei Wochen gestanden hatte, begann sie sich plötzlich braun zu färben, und nach einigen Tagen hatte sie vollständig eine lebhafte rothbraune Farbe angenommen. Die Penicillium Kruste war an ihrer unteren Fläche braun gefärbt. Unter dem Mikroskop zeigte es sich, dass die Membran der Mycel-Zellen farblos geblieben, ihr Inhalt zusammengezogen und braun gefärbt war. Die oberen Theile des Mycels waren farblos, die Sporen hatten ihre gewöhnliche grau-grüne Farbe, es waren also auch hier wohl nur die unteren abgestorbenen Myceläste, die das Pigment angenommen hatten. Auf dem Grunde lagen braune Massen, welche aus Mycel-Stücken und Gonidien von Mucor bestanden, deren Inhalt ebenfalls geschrumpft und braun gefärbt war. Die Flüssigkeit war jetzt erfüllt von stäbchenförmigen Organismen, welche nur Molekularbewegung zeigten. Diesen Bacteridien war also die Bildung des braunen Pigmentes zuzuschreiben.

In Maisabkochung sah ich später noch einigemal dieselbe Pigmentbildung wiederkehren.

Im Januar 1870 beobachtete ich das Auftreten derselben Färbung in einer Kartoffel-Abkochung, welche längere Zeit an der Luft gestanden, und sich mit einer Schwarte von Penicillium überzogen hatte. Die Farbenabstufung war die gleiche wie in den vorigen Fällen. Die untere Seite des Schimmelüberzuges war fleckweise intensiv gebräunt. Hier fand sich ebenfalls in den Mycelstücken der Inhalt contrahirt und intensiv braun gefärbt. — Die Flüssigkeit war diesmal von lebhaft bewegten Bacterien und langen Vibrionen erfüllt.

Die Beispiele zeigen wohl zur Genüge, eine wie mannigfache Reihe von Pigmenten durch Bacterien und Bacteridien gebildet werden.

Die Organismen, welche sie bilden, sind oft schon durch unsere jetzigen optischen Hilfsmitteln je nach der Verschiedenheit der Pigmente, als verschieden zu erkennen, eine Färbung kann sogar durch mehrere unterscheidbare Organismen gebildet werden, und dann verhalten sich auch die Pigmente gegen bestimmte Reagentien ver-

schieden. Es ist vielleicht nicht unberechtigt bei jeder bestimmten Pigmentbildung einen specifisch verschiedenen Organismus anzunehmen, und demgemäss neben einem *Bacteridium prodigiosum* (Ehrbg.) auch ein *Bacteridium aurantiacum, luteum, cyaneum, violaceum, brunneum,* neben *Bacterium synxanthus* und *B. syncyanus* (Ehrbg.) ein *B. aeruginosum* aufzustellen.

Die Pigmente werden als specifische Stoffe von den Bacterien aus organischer, eiweisshaltiger Masse gebildet und als specifischer Stoff ausgeschieden. Der Vorgang ist daher ganz analog der Bildung des Alkohols durch den Hefepilz und der Milchsäure durch andere Bacterien. Man kann daher den Process als Pigment-Gährung zusammenfassen.

Wie aus dem vorhergehenden zu ersehen ist, haben die Verhältnisse bei Bildung der einzelnen Farbstoffe manches Gemeinsame.

Die Farbstoffbildung durch Bacterien ist an und für sich nicht auffallender, als die Farbenbildung in höheren Organismen durch den Protoplasmainhalt der Zelle, es muss nur hervorgehoben werden, dass bei der einfachen und gleichmässigen Organisation der Bacterien hier das Obwalten einfacherer Verhältnisse angenommen werden kann, das fortgesetzte Studium der Bacterienpigmente kann darum vielleicht mit der Zeit beitragen, einen Aufschluss über die Bildung der wichtigen Pigmentbildungen höherer Organismen zu finden.

Untersuchungen über Bacterien.

Von

Dr. Ferdinand Cohn.

Mit Tafel III.

Als ich vor nahezu 20 Jahren meine ersten Untersuchungen über Bacterien veröffentlichte (Ueber die Entwicklungsgeschichte mikroskopischer Algen und Pilze Nova Acta Ac. Car. Leop. nat. cur. XXIV. I 1853), waren es überwiegend morphologische und entwicklungsgeschichtliche Fragen, an die sich das Interesse für diese kleinsten aller Organismen, durch welche nach Ehrenbergs sinnigem Ausspruch die Milchstrasse der lebenden Wesen hindurchgeht, knüpfte, und noch wenig entwickelt waren die Gesichtspunkte, welche in den letzten Jahren die Geschichte der Bacterien mit den wichtigsten Problemen der allgemeinen Naturwissenschaft in Zusammenhang gebracht haben. Zwei Männer sind es vor allem, deren Arbeiten, wenn auch von ungleichem Werth, doch fast in gleicher Weise dazu beigetragen haben, das Interesse für die Bacterien in den weitesten Kreisen anzuregen. Pasteur hat zwar die Bacterien nur beiläufig berührt und die Schwäche seiner mikroskopischen Bestimmungen beeinträchtigt seine Arbeiten, so weit sie diese Organismen berühren, in viel höherem Grade als bei seinen epochemachenden Forschungen über die Hefepilze; dennoch müssen alle neuern Untersuchungen zunächst an die Pasteur'sche anknüpfen. Auf der andern Seite gebührt Hallier unzweifelhaft das nicht gering anzuschlagende Verdienst, dass derselbe zuerst die Frage von den Beziehungen der Fermente und Contagien zu den Bacterien, welche früher meist nur auf theoretischem Wege erörtert worden waren, zum Object directer und Jahrelang fortgesetzter mikroskopischer Untersuchungen gemacht, und es ist nicht genug zu bedauern, dass alle spätern Beobachter, deren nicht wenige in Deutschland und England zunächst durch Hallier angeregt worden sind,

von vorn anfangen müssen, da das von ihm selbst angesammelte Beobachtungsmaterial wegen der bekannten Mängel seiner Untersuchungsmethode unbrauchbar ist.

Seit einer Reihe von Jahren habe auch ich mich in Gemeinschaft mit meinem Freunde Herrn Oberstabsarzt Dr. Schroeter bemüht, die Frage von den Bacterien mit den inzwischen vervollkommneten optischen Hilfsmitteln wieder aufzunehmen und habe auch, nachdem Schroeter das hiesige pflanzenphysiologische Institut im Sommer 1870 verlassen, diese Untersuchungen allein fortgesetzt. Ich habe mich zunächst bemüht, über die biologischen Verhältnisse der Bacterien, so wie über die Unterscheidung der Species ein selbstständiges Urtheil zu gewinnen, dann aber auch die allgemeinen Fragen, und vor allem die Fermentwirkungen der Bacterien mit Hülfe des Experiments zu prüfen. Einige vorläufige Mittheilungen meiner Resultate habe ich bereits in den Verhandlungen der Schlesischen Gesellschaft mitgetheilt (Sitzung der medizinischen Section vom 10. Februar und 4. August 1871, sowie der naturwissenschaftlichen Section vom 14. Februar 1872, Botanische Zeitung von de Bary vom 22. Dec. 1871, Virchow's Archiv für pathologische Anatomie 55. Bd. März 1872); obwohl meine Untersuchungen mich noch zu keinem befriedigenden Abschluss geführt haben, halte ich es doch für zweckmässig, schon jetzt eine ausführlichere Darlegung derselben an dieser Stelle zu geben.

1. Systematisches.

Welche Organismen gehören zu den Bacterien? welche Gattungen, welche Arten lassen sich unter ihnen unterscheiden? Auf die Beantwortung dieser Fragen habe ich zunächst meine Untersuchungen gerichtet.

Wer die betreffende Literatur auch nur der letzten Jahre durchstudirt, weiss, dass eine gradezu chaotische Verwirrung in den Benennungen der Bacterien herrscht. Fast jeder Beobachter hat, ohne sich um seine Vorgänger zu kümmern, die ihm gerade vor Augen kommenden Formen meist willkürlich, oft mit neuen Namen belegt, und das Gesetz der Priorität, welches bei der Nomenclatur lebender Wesen sonst überall zu Grunde gelegt wird, findet fast nirgends Berücksichtigung.

In der That sind die Schwierigkeiten, welche einer richtigen Unterscheidung und Benennung dieser Wesen entgegenstehen, ganz ausserordentlich. Nur Ehrenberg und Dujardin haben sich bemüht, die gesammte Reihe der Bacterien und ihrer Verwandten übersichtlich zu ordnen, und in Gattungen und Arten zu vertheilen, und

ihre Arbeiten müssen daher als Ausgangspunkt dienen; aber ganz abgesehen davon, dass ihre Eintheilungsprincipien der Kritik gegenüber manches zu wünschen übrig lassen, so sind auch die Vergrösserungen, mit denen diese Forscher gearbeitet, gerade für diese Organismen nicht ausreichend; um so auffallender ist, wenn Ehrenberg Structurverhältnisse angiebt, die wir nicht wiederfinden können.

Selbst im Besitz unserer stärksten Immersionssysteme müssen wir bekennen, dass die meisten Bacterien auch heut noch jenseits der Leistungsgrenze unsrer Mikroskope liegen, da wir ihre Formgestaltung, die Organisation ihres Inhalts, und ihre Vermehrung nicht mit ausreichendem Detail beobachten können; selbst die Existenz der kleinsten Formen würde sich leicht unsrer Wahrnehmung entziehen, wenn dieselben nicht gerade durch ihre Menge in der Regel sich bemerkbar machten.

Eine nicht kleinere Schwierigkeit liegt in der geringen Anzahl von Merkmalen, welche zur Klassifikation der Bacterien benutzt werden können. Wenn bei allen übrigen Organismen die Begründung der Gattungen auf Unterschiede in der Fortpflanzung zurückgeführt wird, so hat sich bei den Bacterien überhaupt keine eigentliche Fortpflanzung (Ei- oder Sporenbildung) bis jetzt nachweisen lassen. Der Körper derselben, soweit wir ihn überhaupt scharf unterscheiden, zeigt keinerlei Mannigfaltigkeit in der Gliederung, keine wesentliche Eigenthümlichkeit in Haut und Inhalt. Nur die Grösse, und innerhalb gewisser Grenzen die Form der Glieder, sowie die Verbindung derselben zu Colonieen, bietet gewisse Verschiedenheiten, von denen wir aber nicht immer wissen, in wie weit dieselben ursprünglich verschiedenen Arten zugehören, in wie weit sie von äussern Umständen abhängig, in den Variationskreis einer Art fallen oder gar nur Entwickelungszustände des nämlichen Wesens sein können. Am leichtesten unterscheiden wir die Bacterien an ihrer Grösse; da sie aber in der Regel aus 2 und mehr gliedrigen Ketten bestehen, so tritt uns noch der Zweifel entgegen, ob wir bei der Beurtheilung der Grössenverhältnisse die Länge der einzelnen Glieder, die sich meist sehr schwer bestimmen lässt, oder die der Ketten zu Grunde legen sollen, die von der oft schwankenden Zahl der Glieder abhängt. Da es unmöglich ist, einzelne Bacterien zu isoliren und längere Zeit unter verschiedenen Verhältnissen zu beobachten, bei Massenculturen aber sich niemals Sicherheit gewinnen lässt, ob zur Aussaat nur eine einzige oder verschiedene gleichzeitig unter einander lebende Arten benutzt wurden, so besitzen wir für jetzt keinerlei Methoden, um

bei den Bacterien Alters- und Entwickelungszustände, Varietäten und Arten sicher abzugrenzen.

Alle diese Schwierigkeiten machen sich geltend, wenn wir versuchen die Bacterien in natürliche Gattungen zu vertheilen. Die Gattungen der Bacterien haben nicht dieselbe Bedeutung wie die der höheren Pflanzen oder Thiere, da sie sich nur auf Merkmale vegetativer Zellgestaltung, nicht auf Fortpflanzungscharaktere gründen. Wir sind genöthigt, bei den Bacterien in vielen Fällen ein Verfahren anzuwenden, das auch in der Mykologie so lange festgehalten wird, als nicht durch vervollkommnete Culturmethoden die gesammte Entwicklungsgeschichte der Arten festgestellt werden kann, und das in der Paläontologie noch heut eine allgemeine Anwendung findet. Es besteht darin, dass jede Form, die sich durch hervorstechende Merkmale auszeichnet, mit einem besondern Gattungsnamen belegt wird; jede kleinere Abweichung wird als Species unterschieden. Es soll damit nicht die Möglichkeit ausgeschlossen werden, dass nicht verschiedene solcher Species aus einer und derselben Mutterform hervorgehen, ja dass nicht selbst verschiedene Gattungen nur Entwickelungszustände eines und desselben Individuums sein können. So unterscheiden wir verschiedene Arten von *Uredo, Puccinia* und *Aecidium,* obwohl wir nicht daran zweifeln, dass alle drei nur Formen eines einzigen Entwickelungskreises sind; wir sprechen von *Oidium* und *Aspergillus,* von *Achorion* und *Microsporon*, von *Stigmaria, Sigillaria* und *Sigillariostachys,* ohne damit ein Urtheil über die Selbständigkeit dieser „Formgattungen" abzugeben. Auch bei der Klassifikation der Bacterien können wir für jetzt neben einer gewissen Anzahl wirklich natürlicher auch die Unterscheidung von „Formgattungen und Formspecies" nicht umgehen und werden als solche eben alle abweichenden Formen aufnehmen, wenn dieselben unter bestimmten Verhältnissen ausschliesslich oder doch vorherrschend auftreten. Aufgabe weiterer Forschungen wird der Nachweis sein, ob und welche dieser Formgattungen und -Arten etwa im entwicklungsgeschichtlichen Zusammenhang stehen.

Obwohl schon Leeuwenhoek im siebzehnten Jahrhundert Bacterien wahrgenommen, und O. F. Müller im achtzehnten bereits die wichtigsten Formen derselben erkannt und bezeichnet hat, so beginnt doch die wissenschaftliche Unterscheidung derselben erst mit Ehrenberg. Derselbe stellte zuerst 1830 die Familie der *Vibrionia* auf, die er zwischen *Volvocinen* und *Closterien* einreiht; er zählt dazu alle fadenförmigen Körperchen, welche selbstbewegt und gegliedert sind; die gegliederte Fadenform beruht auf unvollkommener Selbsttheilung, bei der die Theilhälften in Zusammenhang bleiben, wie

zuerst Bory de St. Vincent 1824 erkannt hatte. In dem grundlegenden Werke über die Infusionsthierchen von 1838 stellt Ehrenberg vier Gattungen auf, die er auf folgende Weise unterscheidet (p. 73 ff.):

Fäden geradlinig, unbiegsam: *Bacterium.*
Fäden geradlinig, schlangenförmig biegsam: *Vibrio.*
Fäden spiralig, biegsam: *Spirochaeta.*
Fäden spiralig, unbiegsam: *Spirillum.*

Von *Bacterium* werden 3, von *Vibrio* 9, von *Spirochaeta* 1, von *Spirillum* 3 Arten unterschieden.

Als fünfte Gattung wird noch *Spirodiscus* aufgezählt, deren unbiegsame Schraubenfäden scheibenartig gedrängt sind; die einzige Species dieser Gattung, *Sp. fulvus,* ist nur einmal 1829 von Ehrenberg bei Syrjanofskoi im Altai flüchtig gesehen worden, seitdem aber, wie noch mehrere seiner sibirischen und nubischen *Vibrionia*, nie wieder; sie muss daher bis auf Weiteres gelöscht werden.

Dujardin in seiner Histoire naturelle des zoophytes 1841 hat Ehrenberg's Familie der *Vibrionia* als die erste und niederste in der Reihe der Infusorien aufgenommen. Auch er unterscheidet die nämlichen Gattungen fast nach den nämlichen Merkmalen wie Ehrenberg: die langsamer bewegten geradlinigen, sehr wenig biegsamen Bacterien von den abwechselnd geraden und gebogenen, sich lebhaft schlängelnden *Vibrionen,* und den stets schrauben- oder schneckenförmig gekrümmten, sich um ihre Schraubenachse drehenden *Spirillen.* Die Gattung *Spirochaeta* dagegen wird von Dujardin zu *Spirillum* gezogen, indem den *Spirillen* der von Ehrenberg gegebene Charakter der Steifheit abgesprochen und der Unterschied nur in der grösseren oder geringeren Zahl der Schraubenwindungen gefunden wird.

So klar nun auch die Unterscheidungsmerkmale von *Bacterium, Vibrio* und *Spirillum* durch Ehrenberg festgestellt scheinen, so schwierig ist ihre Anwendung in Wirklichkeit. Zwar finden wir starre, stäbchenartige Formen, die wir ohne Zweifel zu den Bacterien, und starre Spiralen, die wir ebenso sicher zu den Spirillen stellen können; dann aber begegnen uns jene aalartigen blitzschnell hin- und herzuckenden Formen, die sowohl Ehrenberg als Dujardin als *Vibrionen* bezeichneten; wenn dieselben auch gewisser Biegungen fähig sind, so überzeugen wir uns doch, dass die schlängelnden Bewegungen nur scheinbar wie Undulationen d. h. partielle Biegungen und Streckungen eines flexilen Körpers aussehen; es liegt auch hier überall optische Täuschung vor, die durch rasch rotirende aber formbeständige Spiralen mit mehr oder minder weitläufiger Windung

hervorgebracht wird; in der Ruhe sind diese Vibrionen nicht gerade, sondern gekrümmt. Obwohl Ehrenberg, wie später Dujardin vor Verwechslungen von Schraubendrehungen und Wellenbewegungen warnen, haben sie sich doch selbst vor Irrthümern nicht wahren können, und schon eine Vergleichung ihrer schwankenden Terminologie zeigt, wie wenig sicher sie sich in der Unterscheidung der Charaktere von *Spirillum, Vibrio* und *Bacterium* fühlten. So nennt Ehrenberg dasselbe Wesen erst *Bacterium Termo,* dann *Vibrio Lineola;* sein *Spirillum tenue* soll sich nur sehr schwer von *Vibrio subtilis* unterscheiden; *Vibrio prolifer* von *Spirillum Undula* u. s. w. Meiner Ueberzeugung nach sind die Wellen- und Schraubenformen sämmtlicher Vibrionen und Spirillen formbeständig, keiner Streckung und Krümmung und daher auch keiner wirklichen Schlängelbewegung fähig; es giebt gar keine Vibrionen, welche der Ehrenberg'schen Definition des Genus entsprechen, und es müssen daher offenbar diese Gattungen nach anderen Principien neu begründet werden.

Alle diejenigen, welche in den letzten 30 Jahren über Bacterien gearbeitet, haben entweder die Gattungen von Ehrenberg und Dujardin ohne Weiteres aufgenommen; oder sie bezeichneten die von ihnen beobachteten Formen mit unbestimmten, zum Theil ganz willkührlichen Namen. *(Microphytes, Microzoaires* etc.) Das gilt insbesondere auch von Pasteur, der bald von *végétaux cryptogames microscopiques,* bald von *animalcules*, von *Champignons* oder von *Infusoires* spricht, „*Torulacées, Bacteries, Vibrioniens*, *Monades*“ ohne scharfe Unterscheidungsmerkmale aufführt, die nämlichen oder doch verwandte Gebilde auch als *Mycoderma,* als *Mucor's, Mucedinées* oder als Hefe *(lévure)* bezeichnet[1]). In den letzten Jahren wurden ausserdem eine Anzahl neuer Gattungen aufgestellt, welche theils nur überflüssige Synonyme für ältere Namen, theils in der That Bezeichnungen für eigenthümliche Formgenera sind. Hierhin gehören die Namen *Microzyma* Béchamp, *Bacteridium* Davaine, *Micro-*

---

1) Mit souveräner Willkühr setzt sich Pasteur über die Regeln botanischer Nomenclatur hinweg, indem er *Mucor* „alle organisirten Pflanzengebilde nennt, die sich mit Vorliebe auf der Oberfläche von Flüssigkeiten entwickeln und ein mehr oder minder fettes oder gelatinoses Aussehen haben, dünne oder dicke, feuchte oder trockene, mitunter chagrinirte Häute bilden — *Mucédinées* die eigentlichen Schimmel, deren Mycel aus verzweigten Fäden besteht, und auf der Oberfläche fructificirt, endlich *Torulacées* die kleinsten nicht fädigen Zellpflanzen, die sich am Grunde der Flüssigkeit nach Art von Niederschlägen bilden und sich durch Knospung vermehren, wie die Bierhefe.“ (Ann. de Chem. et de Phys. 1862. Bd. 64. p. 47.)

coccus, *Leptothrix* Hallier, *Mycothrix* Hallier, Itzigsohn, *Microsporon* Klebsch, *Mikrobacterien*, *Meso-Makrobacterien* Hoffmann, *Zoogloea*, *Microsphaera* Cohn. Auch Trecul hat einige neue Namen für Bacterienartige Gebilde aufgestellt (*Amylobacter* etc.) Ich werde in dem weiteren Verlauf dieser Arbeit auf diese Bezeichnungen zurückkommen.

Wenden wir uns von den Gattungen zu den Arten, so hat zwar schon O. F. Müller trotz der geringen Vergrösserungen, deren er sich bedienen konnte, die auffallendsten Formen benannt und abgebildet. Indess müssen wir doch zunächst an Ehrenberg anknüpfen, welcher auf Müller fortbauend, mit bewunderungswürdigem Scharfblick in dieses verworrene Gebiet Licht und Ordnung brachte, und nicht nur für die meisten seiner Species feine und zuverlässige Unterscheidungsmerkmale, sondern auch eine Reihe bis jetzt unübertroffener Abbildungen gab, welche das Wiedererkennen der meisten Formen möglich machen. Die neueren Beobachter gehen gewöhnlich, jedoch mit Unrecht, von Dujardin aus, der zwar im Einzelnen die Ehrenbergschen Angaben kritisch berichtigte, aber durch seine flüchtigeren Beobachtungen und durchaus ungenügenden Abbildungen Manches wieder in Verwirrung brachte, was Ehrenberg bereits aufgehellt hatte.

Man kann die Frage aufstellen, ob es denn bei den Bacterien überhaupt Arten in dem nämlichen Sinne giebt, wie bei den höheren Organismen. Selbst wer von der Metamorphosenlehre jener Mykologen nichts wissen will, die Alles aus Allem entstehen und zu Allem sich entwickeln lassen, wird doch beim Anblick eines Bacterienhaufens oft verzweifeln, unter diesen zahllosen Körperchen von allen möglichen Formen eine Sonderung natürlicher Arten vorzunehmen.

Scheint es doch, als seien alle diese Formen nur Entwickelungszustände eines und desselben Wesens, und als könnte man leicht alle Zwischenstufen selbst zwischen den in Bildung und Grösse am meisten abweichenden Gestaltungen auffinden. In der That ist diese Ansicht von den meisten neueren Bearbeitern der Bacterien mehr oder minder entschieden ausgesprochen worden. (Perty, Hoffmann, Karsten.)

Gleichwohl bin ich zu der Ueberzeugung gekommen, dass die Bacterien sich in eben so gute und distincte Arten gliedern, wie andere niedere Pflanzen und Thiere, und dass nur ihre ausserordentliche Kleinheit, das meist gesellige Zusammenwohnen verschiedener Species so wie die Variabilität der Arten die Unterscheidung in vielen Fällen für unsere heutigen Mittel unmöglich macht. Ich gründe diese meine Ansicht auf die Thatsache, dass bei den grösseren Bacterien-Arten

stets und unter den verschiedensten Verhältnissen die nämlichen Formen in unendlicher Zahl und ohne Zwischenformen sich finden. Das gilt insbesondere von den Spirillen, die sich nicht nur gegenüber den eigentlichen Stäbchen-Bacterien, sondern auch in ihren Species so constant scheiden, wie nur irgend eine „gute" Algen- oder Infusorien-Art. Wenn wir bei den kleineren Bacterien nicht immer zu natürlichen, sondern höchstens zur Aufstellung von Formspecies gelangt sind, so möchte ich den Grund eben nur in unseren noch ungenügenden Untersuchungsmethoden suchen. Im Allgemeinen wird man von vereinzelten Bacterien selten die Species mit Sicherheit bestimmen, wenn aber eine und dieselbe Form ohne fremde Beimischung in unzähligen Exemplaren vertreten ist, wird die Selbstständigkeit derselben sich in der Regel leicht feststellen lassen.

Eine principielle Schwierigkeit entsteht noch daraus, dass Formen, die sich morphologisch gar nicht, oder doch nicht wesentlich unterscheiden, oft constante physiologische Verschiedenheiten zeigen, sei es in den Medien, in denen sie leben, oder in den Producten, die sie erzeugen, oder in den Eigenthümlichkeiten ihrer Bewegung. So unterscheidet Davaine (Comptes rendus de l'Academie des sciences LIX. Aug. 1864. p. 393. 1869. 25. Jan.) die Bacteridien von den Bacterien nur dadurch, dass die ersteren stets unbeweglich sind, während bei den eigentlichen Bacterien Beweglichkeit oft mit Zuständen der Ruhe wechselt (Compt. rend. 1864. LIX. p. 629. Recherches sur les Vibrioniens).

Pasteur, der bereits die Bemerkung macht, dass man die Natur eines organisirten Ferments nicht durch die mikroskopische Structur, sondern nur durch die physiologische Funktion sicher stellen könne, hebt die ausserordentliche Aehnlichkeit zwischen Milch- und Essigsäure-Ferment, so wie zwischen dem Ferment der ammoniakalischen Harn-Gährung und der schleimigen Wein-Gährung *(vin filant)* hervor. Die Bacterien, welche rothe, gelbe, orange, blaue und andere Pigmente erzeugen, lassen sich mikroskopisch kaum von einander unterscheiden, und doch erhält man durch Aussaat immer das nämliche Pigment. Die in verschiedenen Contagien auftretenden Bacterien stimmen in ihrer Form bald mit denen der Harn- oder der Buttersäuregährung, bald mit denen der Pigmente vollkommen überein. Soll man nun jede Form, die in einem besonderen Medium constant vorkömmt, oder eine eigenthümliche Fermentwirkung ausübt, für eine besondere Art erklären, auch wenn sie sich mikroskopisch nicht unterscheiden lässt? Wir würden auf diesem Wege zur Aufstellung rein physiologischer Arten gelangen, welche sich nicht wie die

„guten“ Species auf morphologische, sondern ausschliesslich auf physiologische Charaktere gründen.

Wie ich glaube, ist es noch nicht an der Zeit, auf diese Frage eine abschliessende Entscheidung zu geben. Jedenfalls verhält sich die Sache nicht so, dass ein und derselbe Bacterien-Keim, je nachdem er in Harn oder in Wein geräth, diesen alkalisch, jenen fadenziehend macht, oder dass dieselbe Bacterie hier Buttersäure bilden, dort Milzbrand übertragen, hier einen rothen Fleck auf einer Kartoffel, dort Diphterie in der Luftröhre eines Menschen hervorrufen kann. Vielmehr ist zu erwarten, dass unter vielen scheinbar gleichen Organismen vervollkommnetere Mikroskope auch morphologische Verschiedenheiten werden erkennen lassen, welche die Annahme primärer Artverschiedenheiten begründen. Andererseits vermuthe ich, dass in der Klasse der Bacterien ähnliche Verhältnisse obwalten, die wir auch bei höheren Thieren und insbesondere bei den Culturpflanzen beobachten. Von zwei Mandelbäumen, die sich weder im Wuchs, noch in Blättern, noch in Blüthen und Früchten, noch selbst im äusseren und mikroskopischen Verhalten der Samen unterscheiden lassen, bringt der eine nur bittere Samen hervor, welche Amygdalin und Emulsin enthalten, und giftige Blausäure produciren, während der andere stets süsse Samen mit fettem Bittermandelöl erzeugt. Wir nehmen an, dass der bittere und der süsse Mandelbaum zur nämlichen Art gehören und von einer gemeinschaftlichen Urpflanze abstammen, aus der durch Variation beide physiologisch so verschiedene Sorten hervorgegangen sind. Die meisten Culturgewächse haben Varietäten hervorgebracht, die in ihren Vegetations- und Fortpflanzungsmerkmalen wesentlich gleich, doch verschiedenartige Producte liefern, welche entweder grössere Quantitäten von Rohr- oder von Traubenzucker, von Pflanzensäuren, von Fetten oder ätherischen Oelen, von giftigen Alkaloiden oder specifischen Heilmitteln erzeugen, während andere Varietäten oder die wilden Individuen der nämlichen Arten dergleichen Erzeugnisse gar nicht oder nur in weit geringerer Menge hervorbringen. Es ist bekannt, dass solche Culturvarietäten sich durch Samen in der Regel nicht fortpflanzen, dass sie aber auf ungeschlechtlichem Wege mittelst Knospen sich durch unbegrenzte Generationen rein erhalten, immer die nämliche chemische und physiologische Arbeit verrichten, und sich durch fortgesetzte Züchtung zu constanten Rassen entwickeln können. Vielleicht finden sich auch unter den Bacterien, welche äusserlich nicht zu unterscheiden, doch verschiedene chemische und physiologische Wirkungen zeigen, dergleichen Varietäten oder Rassen, die ursprünglich von gemeinschaftlichem

Keim entstammend, durch constante, natürliche oder künstliche Züchtung unter gleichen Verhältnissen und auf gleichem Nährboden immer die nämlichen Producte erzeugen; da alle Bacterien sich nur auf ungeschlechtlichem Wege durch Knospung resp. Theilung vermehren, so ist ein derartiges Constantwerden der Rasseneigenthümlichkeit um so leichter begreiflich. Bei den verschiedenen Hefesorten ist die Rassenbildung durch künstliche Züchtung von Rees (Uuntersuchung über die Alcoholpilze) nachgewiesen. Wie Sommerroggen nicht zur Wintersaat taugt, obwohl ursprünglich beide Rassen des nämlichen Ursprungs sind, und sich durch fortgesetzte Züchtung uach längerer Zeit wieder in einander überführen lassen, so taugt auch Oberhefe nicht zur Bairisch-Bierbereitung, und fast jede Wein- oder Biersorte hat ihre eigene Hefe; und doch ist es wahrscheinlich, dass viele Alcohol-Hefen nur einer einzigen Art mit zahlreichen Culturrassen angehören. Ich vermuthe, dass auch unter den Bacterien, welche als Fermente in ganz verschiedenartigen chemischen und pathologischen Processen wirken, neben einer kleinen Zahl selbstständiger Arten, eine weit grössere von natürlichen und Cultur-Rassen auftreten, die aber, weil sie sich nur auf ungeschlechtlichem Wege vermehren, ihre individuellen physiologischen Eigenthümlichkeiten mit grosser Hartnäckigkeit festhalten.

2. Organisation und Entwickelung der Bacterien.

Der gemeinschaftliche Charakter der von mir hier als Bacterien zusammengefassten Organismen scheint mir in Folgendem zu liegen:

Die Bacterien sind chlorophylllose Zellen von kugliger, oblonger oder cylindrischer, mitunter gedrehter oder gekrümmter Gestalt, welche ausschliesslich durch Quertheilung sich vermehren, und entweder isolirt oder in Zellfamilien vegetiren.

Die Bacterienzellen besitzen einen stickstoffhaltigen, in der Regel farblosen Zellinhalt *(Protoplasma)*, welcher das Licht stärker bricht als Wasser und in welchem in der Regel glänzende ölähnliche Körnchen oder Kügelchen eingebettet sind. Dieser Inhalt stimmt völlig überein mit dem der farblosen Oscillarien *(Beggiatoa)*, welche in sulfathaltigem Wasser in zahlreichen Arten vegetiren, und durch ihren Vegetationsprocess freien Schwefelwasserstoff entbinden. Ich halte das Bacterien-Protoplasma für flexil, oder wie man gewöhnlich sagt, für contractil (vergleiche über diese Ausdrücke meinen Aufsatz über Infusorien im Seeaquarium, Zeitschrift für wissenschaftliche Zoo-

logie XVI. 3. 1866, p. 261); ich habe solche Flexilität für das Protoplasma der Oscillarien und insbesondere der Beggiatoen in meiner Abhandlung über Phycochromaceen nachgewiesen (M. Schultze, Archiv für mikroskopische Anatomie VII. 1867,); der Flexilität des Protoplasma schreibe ich die spontanen Beugungen und Streckungen der Fäden zu, wo dieselben nicht durch die starre Membran fixirt sind. Das dichte Protoplasma und die Körnchen der Bacterien unterscheiden wir am deutlichsten bei den dickeren Arten (z. B. *Bacterium Lineola, Bacillus Ulna, Spirillum volutans*), wo die Körnchen bei gewisser Einstellung schwärzlich, bei anderer hellglänzend erscheinen, und von Ehrenberg als Gliederungen angesehen wurden; in den feineren Fäden scheint der Inhalt oft homogen; mitunter werden die ölartigen Kügelchen erst beim Absterben sichtbar, wie dies auch sonst bei Pilzen vorkommt; Hoffmann findet hier, wie ich glaube nicht mit Recht, Luftausscheidung (Botanische Zeitung 1869, tab. 5. I. II.); Ehrenberg erblickte in ihnen Eier und Magenbläschen. Auch die Färbung der Bacterien durch Jod und Pigmente schreibe ich dem Protoplasma zu. Die verschiedene Lichtbrechung des Protoplasma gegen Wasser ist die Ursache, dass die Bacterien in grösserer Menge das Wasser trüben, milchig und undurchsichtig machen, und zwar um so intensiver, je reichlicher sie dasselbe erfüllen, in ähnlicher Weise, wie etwa die stärker brechenden Butterkügelchen das klare Milchserum trüben. Pasteur bezeichnet die Bewegung der Bacterien als die Ursache der Trübung, während Polebotnow (Wiesner, Mikroskopische Untersuchungen 1872, p. 146) die auffallende Ansicht aufstellt, dass nicht die Bacterien selbst, sondern die von ihnen ausgeschiedene Gallert die Trübung veranlasse. Gewöhnlich erscheint eine von Bacterien dicht erfüllte Flüssigkeit milchweiss, mit einem Stich in's Bläuliche; in dickeren Schichten bei durchgehendem Lichte betrachtet erscheint die Färbung gelbröthlich, oder rauchfarben, wie Milchglas. Im Allgemeinen ist Trübung klarer Flüssigkeiten ein makroskopisches Zeichen für die Vermehrung der Bacterien, wie umgekehrt von einer Flüssigkeit, die völlig klar bleibt, die Abwesenheit von Bacterien vermuthet werden kann; doch ist hierauf kein unbedingter Verlass, da einerseits in stärker brechenden Flüssigkeiten (Serum, Lymphe etc.) die Bacterien dem blossen Auge unsichtbar bleiben, sobald sie nahezu gleiches Brechungsvermögen besitzen, andererseits auch im Wasser eine geringe Menge von Bacterien keine bemerkbare Trübung hervorruft; es darf daher mikroskopische Untersuchung in problematischen Fällen nicht umgangen werden. Bei den

Pigmentbacterien ist, wie wir später sehen werden, mitunter das Plasma gefärbt, und daher auch die von ihnen veranlasste Trübung farbig.

Dass die Bacterien eine Zellmembran besitzen, ergiebt sich aus ihrem chemischen Verhalten; sie werden durch Kali und Ammoniak, wie auch durch Säuren nicht zerstört, was offenbar nicht der Unlöslichkeit ihres Protoplasma, sondern der Gegenwart einer Membran zuzuschreiben ist, die nicht, wie die der Infusorien, eiweissartig ist, sondern, wie die der Pilze, der Cellulose oder einem andern Kohlenhydrate nahe steht und sich insbesondere in Kali nicht löst. Ebenso widersteht die Membran der Bacterien der Fäulniss ausserordentlich lange, und stimmt auch hierin mit den Cellulose-Membranen der Pflanzenzellen überein. Mit starken Vergrösserungen kann man die Membran der Bacterien auch direct unterscheiden; denn bei einer gewissen Einstellung erscheint das Plasma schwärzlich, und ringsum von einem ziemlich breiten, etwas gelblichen, anscheinend knorpligen Rande eingefasst, und namentlich an der Grenze zwischen je zwei aufeinander folgenden Gliedern ist die farblose, doppelt conturirte Scheidewand deutlich erkennbar. Bei mehrgliedrigen Fäden ist die Scheidewand zwischen den Zellenpaaren etwas stärker entwickelt. Die Membran der Bacterien ist, wie ich glaube, quellbar, und kann sich in Schleim auflösen, was bei der Entwickelung der Zoogloeagallert zu berücksichtigen ist. Bei einzelnen Arten ist die Membran zart, sehr biegsam und gestattet dem flexilen Protoplasma active und passive Beugungen und Streckungen, jedoch nicht wirkliche Schlängelung; bei andern ist sie starr, formbeständig, zu Beugungen unfähig, so dass sie Ehrenberg mit Kieselpanzern vergleichen konnte, obwohl er selbst sich von der Abwesenheit der Kieselsäure überzeugte; beim Eintrocknen erleiden auch die starren Arten gewisse Verbiegungen.

Die Quertheilung der Bacterien geht so vor sich, dass die Zellen sich erst in der Längsachse nahe auf das Doppelte ihrer normalen Länge strecken, worauf ihr Plasma in der Mittellinie sich einschnürt und in zwei Hälften theilt, welche durch eine Scheidewand von Zellstoff geschieden werden; so entstehen zwei Glieder, die entweder längere oder kürzere Zeit in Zusammenhang bleiben, oder unter sofortiger Einschnürung der Mutter-Zellhaut und Spaltung der Scheidewand sich von einander trennen. Unmittelbar darauf schickt jede der beiden Tochterzellen sich zu neuer Theilung an; so vermehrt sich ihre Zahl in unglaublich kurzer Zeit in Potenzen von zwei. So viel ich glaube, liegen alle Scheidewände, welche eine Bacterien-

zelle in den nach einander folgenden Theilungen bildet, unter sich parallel, und daher können nur einreihige Zellketten entstehen; eine Astbildung, wie sie Dujardin von *Vibrio ambiguus* oder Hoffmann (Botan. Zeit. 1869, Tab. IV. Fig. 18 und 20) von verschiedenen Bacterien beschreibt und abbildet, ist nach meinen Beobachtungen dem Charakter dieser Organismen durchaus fremd. Auch Theilung über's Kreuz durch Scheidewände, die auf einander senkrecht stehen, kommt, wenigstens bei freien Bacterien, nie vor; sie begründet eben den Charakter einer besonderen Gattung der Schizomyceten, welche, wie die berühmte *Sarcina ventriculi* Goods, in den Magenflüssigkeiten, von andern Beobachtern auch in andern Organen (Lunge, Gehirnventrikel, im Harn etc.) gefunden wurde; in kleineren Formen kommt auch Sarcine ausserhalb des menschlichen Organismus, auf gekochten Kartoffeln, in trockenen chromgelben Häufchen vor (vergleiche den vorstehenden Aufsatz von Schroeter, p. 119); ich selbst sah am 25. November 1871 auf gekochtem Hühnereiweiss hellgelbe trockene Flecken von Sarcine erscheinen und am 2. April 1872 sogar auf der Oberfläche einer chemischen Lösung (1% weinsaures und 1% essigsaures Ammoniak), in welcher orangerothe Kugelbacterien cultivirt wurden, ein gelbes, auf der Flüssigkeit schwimmendes Häutchen von Sarcine sich bilden (Tab. III. Fig. 7**). Auch Pasteur erhielt in einem mit Hefe-Wasser (eau de lévure) gefüllten und nur kurze Zeit der Luft ausgesetzten Kölbchen, auf den Wänden desselben einen Absatz von Sarcine, wie aus der Abbildung (Ann. de Chem. et de Phys. LXIV. 1862, tab. II. Fig. k) hervorgeht; er selbst beschreibt dieselbe als „Algue formée de cellules quaternaires, comme des assisses de pierre“ (l. c. p. 80). Aus alledem geht hervor, dass Sarcinekeime in der Luft nicht selten vorkommen, und sich in verschiedenen Medien entwickeln; in neuster Zeit hat Losdorfer Sarcine auch im Blute gesunder und kranker Menschen beobachtet (Medizinische Jahrbücher 1871, 3. Heft), und ich habe diese Angabe selbst bestätigen können, indem ich am 19. März in dem vier Tage vorher in ein mikroskopisches Präparat eingekitteten Blut eines gesunden Mannes Sarcinetetraden, die selbst wieder in Gruppen von je vier angeordnet waren, in den Lacunen des Blutserum zwischen den Blutkörperchen antraf (vergl. Tab. III. Fg. 7*). Obwohl nun die echten Bacterien beim Zerfallen der Fäden durch vierzeilige Aneinanderlagerung ihrer Fadenglieder mitunter sarcineähnliche Gruppen zeigen, so kann ich doch einen wirklichen Uebergang von *Bacterium* in *Sarcina* nicht finden, weshalb ich die letztere Gattung hier nicht weiter berühre.

Wie schon oben bemerkt, trennen die aus der Theilung einer Bacterienzelle hervorgegangenen Tochterzellen sich entweder sofort (einzellige Bacterien), oder sie bleiben einige Zeit zu längeren oder kürzeren Fäden verbunden (Fadenbacterien). Im ersteren Fall treffen wir die Bacterien nur als einfache, oder während des Theilungsacts paarweise nach Art einer 8 aneinanderhängende Zellen. Die Zahl der zu einem Faden verbundenen Gliederzellen dagegen ist verschieden, und hängt theils von der specifischen Natur, theils von äusseren Verhältnissen ab; daher ist auch die Länge der Fäden sehr verschieden, wenn auch in der Regel 2, 4, 8 Glieder vorzukommen scheinen. Bei *Bacillus subtilis* kommen sehr lange Fäden vor, welche gewöhnlich als besondere Formgattung mit dem Namen *Leptothrix* bezeichnet werden. Es ist dies jedoch nicht so zu verstehen, als ob alle Arten der Algengattung *Leptothrix*, die zum grössten Theil spangrün gefärbt sind, einen kurzgliedrigen Bacterienzustand durchlaufen, oder aus Bacterien hervorgehen; dies ist vielmehr für die meisten der phycochromhaltigen Leptothrixarten weder nachgewiesen, noch selbst wahrscheinlich; nur ein Theil der farblosen pilzartigen Leptothrix-Species gehören in den Entwickelungskreis der Fadenbacterien. An einem solchen Faden ist die Gliederung in der Regel schwer zu sehen; in andern Fällen zeichnen sich die Glieder durch Einschnürung ab, und da der Faden leicht in seine Glieder zerfällt, so findet man häufig Fäden, welche entweder an einem oder an beiden Enden sich ablösende Glieder zeigen, oder welche zickzackartig gebrochen sind (vgl. Dujardin, Infus. Pl. I. Fig. 6; Hoffmann, bot. Zeit. 1869, Tab. IV. 1 b; 5 b; 12; unsere Tab. III. Fig. 14. 15. 17).

Ehrenberg giebt an, dass die Fadenbacterien und die mit ihnen hierin übereinstimmenden Spirillen aus kugligen oder kurz scheibenförmigen Gliedern bestehen, welche beim Eintrocknen deutlich werden, und beschreibt und bildet diese Zusammensetzung in einer Weise ab, welche dem Bau der Oscillarienfäden entspricht; er findet sogar für verschiedene Arten specifische Verschiedenheiten dieser Gliederung. Die meisten neueren Beobachter, mit Ausnahme von Dujardin, haben Ehrenberg hierin beigestimmt. Ich habe mir jedoch die grösste Mühe gegeben, diese Structur zu Gesicht zu bekommen, aber ohne Erfolg. Selbst Eintrocknen und Reagentien, z. B. Jod, Uebermangansaures Kali, Silberlösung u. s. w. liessen zwar feine, oft sehr regelmässig geordnete Körnchen in den Fäden deutlicher werden; aber Querscheidewände vermochte ich selbst bei den grössten Spirillen nicht wahrzunehmen. Ohne daher die Möglichkeit in Abrede zu stellen, dass die fadenförmigen Bacterien aus solchen kurzen

Gliedern bestehen, muss ich doch erklären, dass wenigstens mit den mir zu Gebote stehenden optischen Mitteln ausser den cylindrischen Stücken, in welche bei der Theilung die Fäden zerbrechen können, eine weitere feinere Gliederung in dünnere Scheiben oder Kugelzellen nicht sichtbar wird. Die meisten neueren Forscher sind geneigt, bei allen Bacterien ohne Unterschied Fadenbildung (Leptothrixformen) anzunehmen; ich bin jedoch noch heut der Ueberzeugung, die ich schon vor zwanzig Jahren ausgesprochen, dass dies nicht der Fall, sondern dass sich nach diesem Verhalten die Bacterien in zwei Gruppen theilen, die auch in ihrer übrigen Entwickelung Verschiedenheiten zeigen und daher bei der Eintheilung der Gattungen besonders berücksichtigt werden müssen.

Bei den Kugel- und Stäbchen-Bacterien nämlich trennen sich zwar die Tochterzellen in der Regel nach der Theilung sofort; sie kommen daher in freiem Zustande nur als einfache oder paarweise, nur ausnahmsweise in Doppelpaaren aneinanderhängende Zellen vor; unter gewissen Bedingungen aber bleiben die Zellgenerationen mit einander dadurch verbunden, dass ihre Zellmembranen zu gallertartiger, wasserheller Intercellularsubstanz aufquellen, und demnach sich zu grösseren, scharf begrenzten, elastisch biegsamen Gallertmassen verbinden. Ich habe diese Gallertmassen schon in meiner ersten Abhandlung über Bacterien im Jahre 1853 (Nov. Act. Ac. Car. Leop. XXIV. I. p. 123) als Formgattung *Zoogloea* bezeichnet; *Zoogloea* stellt diffuse oder geformte, unregelmässig kuglige, traubige oder schlauchartige, gelappte oder verzweigte, im Wasser schwimmende oder auf einer Unterlage ausgebreitete Gallertmassen dar, in welchen die Bacterienzellen bald mehr bald weniger dicht eingelagert sind. In dieser Zoogloeagallert fahren die Bacterien fort sich zu theilen; da wo besonders lebhafte Vermehrung stattfindet, sind die jungen Zellen ausserordentlich eng an einander gedrängt, indem die Intercellularsubstanz wenig entwickelt ist; sie stellen kleine, dicht erfüllte Gallertkugeln dar, von 10 Mikrom. und selbst darunter; später weichen die Zellen auseinander und sind nur in weiteren Zwischenräumen eingebettet. Man erkennt diese Gallertmassen *(Zoogloea)* schon mit blossem Auge als farblose, im Wasser schwimmende Flöckchen, die sich an der Oberfläche, den Wänden oder dem Boden eines Gefässes absetzen; bei reichlicher Vermehrung bilden die *Zoogloeen* Gallertklumpen oder dicke knorplige Häute von mehreren Centimetern Umfang; enthält das Wasser Eisen in Lösung, so wird das letztere gern in der Gallert als Eisenoxydhydrat ausgefällt, in Folge dessen die Gallert sich rothbraun färbt; der Eisengehalt der

rostfarbenen Zoogloea-Gallert lässt sich unter dem Mikroskop durch Blutlaugensalz nachweisen. Entwickelt sich in solchem Wasser freier Schwefelwasserstoff, so werden die rostbraunen *Zoogloeen* geschwärzt, und man findet nicht selten im Absatz von verdorbenem Brunnenwasser oder an Gräben dergleichen schwarze *Zoogloea*. In der Gruppe der Kugelbacterien hat die Zoogloeaform eine etwas abweichende Gestaltung, um so mehr als diese sich häufig an der Luft, oder als Bekleidung von thierischen Geweben, als Ausfüllung von Interstitien oder Gefässen entwickelt, auch Färbung durch Pigmente zeigt, wie ich später erwähnen werde. In der Gallert eingebettet, sind die Bacterien-Zellen nicht abgestorben, da sie sich in diesem Zustande nicht nur sehr reichlich vermehren, sondern auch sich leicht aus der Gallert durch Auflösung derselben befreien und alsdann frei im Wasser umherschwimmen (vgl. Tab. III. Fig. 3. 9. 12).

Die zweite Gruppe der Faden- und Schraubenbacterien wird niemals in Gallertmassen beobachtet, wie ich bereits in meiner ersten Abhandlung (Nova Act. l. c. p. 124) hervorgehoben, sondern sie treten entweder frei zerstreut oder in Schwärmen auf. Die Schwarmbildung ist bei allen Bacterien, auch den Stäbchenbacterien und Spirillen, zu beobachten, wenn dieselben sich im Innern einer Flüssigkeit in Folge reichlicher Nahrung, oder aus Hunger nach Sauerstoff, sich an der Oberfläche derselben in unendlichen Schaaren versammeln. Schon Leeuwenhoek und O. F. Müller, insbesondere aber auch Ehrenberg heben die wunderliche Erscheinung der Bacterienschwärme hervor, die oft um einen kleinen Bissen auf dem Objectglas in unzählbaren Myriaden durcheinander wimmeln (vgl. Ehrenberg's Bemerkungen zu *Vibrio tremulans* und *Lineola*, der hier einen Geselligkeitstrieb ausgesprochen findet). Der Bacterienschwarm unterscheidet sich von der *Zoogloea* dadurch, dass bei letzterer die Zellen unbeweglich durch Intercellularsubstanz verkittet sind; deshalb bildet die Zoogloeagallert im Wasser einen scharf abgegrenzten, meist sphärischen Contur, der um so deutlicher hervortritt, weil die Bacterienzellen scheinbar am Rande der Gallert dichter gelagert sind, als in der Mitte. Die Schwärme dagegen bestehen blos aus freien, beweglichen, aber oft so dicht an einander gedrängten Zellen, dass dieselben sich fast berühren, und daher eine schleimige Masse bilden; in bewegtem Wasser vertheilen sich jedoch die einzelnen Zellen ohne weiteres, da sie durch keine Zwischensubstanz verbunden sind. Man beobachtet die Schwarmbildung der Bacterien am deutlichsten im Seeaquarium, wenn am Boden desselben irgend ein todtes Thier fault; dasselbe hüllt sich dann in einen weissen, von Tag zu Tag weiter sich ausdehnenden, gegen das

krystallklare Seewasser deutlich abgegrenzten, Bacteriennebel, der durch Strömungen sich wie eine Rauchwolke im Wasser verbreitet; im süssen Wasser pflegen sich die Bacterien gleichmässiger zu vertheilen, vielleicht weil sich in diesem die Nährstoffe der Bacterien leichter lösen.

Hier findet man die Bacterienschwärme gewöhnlich nahe der Oberfläche des Wassers oft in einer centimeterdicken, beinahe öligen Schicht, die wie Gummischleim gegen die tiefere, dünne Flüssigkeit, über der sie schwimmt, absticht; hier ist es offenbar das Bedürfniss nach Sauerstoff, welches die Bacterien zusammenhäuft; Pasteur bezeichnet diesen Zustand mitunter als „*Mucor*."

Auf der Oberfläche von Flüssigkeiten, in denen Bacterien sich vermehren, schwimmen in der Regel ausserordentlich dünne irisirende Häutchen, in denen unbewegliche Bacterien in geraden oder gewundenen, parallelen Längsreihen neben und hintereinander oft ausserordentlich regelmässig geordnet sind. Diese Häutchen, von Pasteur mitunter als *Mycoderma* bezeichnet, unterscheiden sich von der *Zoogloea* dadurch, dass bei letzterer die Zellen zu kugligen Massen durch Intercellularsubstanz verbunden sind, während in den Häutchen nur eine einfache Schicht ohne Zwischensubstanz vorhanden ist (Tab. III. Fig. 10).

Eine andere Form, in welcher die Bacterien auftreten, ist die des pulverigen Niederschlags; sobald in einer Flüssigkeit die Nährstoffe erschöpft sind, auf deren Kosten die Bacterien sich entwickeln, hört die weitere Vermehrung derselben auf, und die Körperchen setzen sich allmählich am Boden des Gefässes ab; die Flüssigkeit wird von Tag zu Tage klarer, und zwar so, dass die Oberfläche am frühesten sich vollständig klärt, ganz so wie beim Absetzen eines sehr leichten Pulvers; am Boden häufen sich nun die Bacterienmassen auf, in einer weissen, fortdauernd dicker und dichter werdenden Schicht, die mit blossem Auge etwa so aussieht wie ein Absatz feinstgeschlemmter Thonerde. Durch Schütteln lassen sich die abgesetzten Bacterien leicht wieder aufstören; überhaupt vergehen bis zur vollständigen Klärung der Flüssigkeit durch den Absatz Wochen. Die Menge des Bacterien-Niederschlags ist verschieden, je nachdem die vorhandene Nahrung eine grössere oder geringere Vermehrung begünstigte; sie ist aber stets verhältnissmässig bedeutend, und es ist nicht schwer, in einem Reagenz-Cylinder, der etwa 10 Gramm Nährlösung enthält, einen Niederschlag von 0,5 CM. zu bekommen; ja es würde gewiss keine Schwierigkeit machen, erforderlichen Falls den Bacterienniederschlag Pfundweise zu gewinnen.

In dem Niederschlag befinden sich alle Arten von Bacterien unter

einander gemengt; dieselben sind nicht, oder doch nicht sämmtlich todt; denn durch Aussaat in frische Nährflüssigkeit erhält man bald neue Vermehrung der Bacterien. Die Bacterien befinden sich vielmehr in dem Niederschlage in ähnlichem Ruhe-Zustande, wie die Hefe-Zellen in einer ausgegohrenen Flüssigkeit, und können denselben durch Zufuhr neuer Nahrung wieder verlassen. Es ist daher begreiflich, dass in allen Wässern derartige entwickelungsfähige Bacterien vorhanden sind, die sofort in Vermehrung eintreten, sobald ihnen Nahrung geboten wird. Auffallend ist dabei die Aenderung im specifischen Gewichte der Bacterien; denn so lange dieselben in beweglichem Zustande im Wasser vertheilt sind, müssen sie nahezu das nämliche specifische Gewicht wie Wasser besitzen; vielleicht spricht sogar die massenhafte Anhäufung derselben an der Oberfläche dafür, dass sie etwas leichter sind als Wasser. Beim Uebergang in den Ruhezustand dagegen werden sie offenbar schwerer als Wasser, was wohl mit der Bildung von Dauerzellen, und Verdichtung des Plasma in denselben zusammenhängen mag. In zuckerhaltiger Pasteur'scher Flüssigkeit geschieht der Bacterien-Absatz sehr langsam und unvollständig; ich habe noch nach 6 Monaten die Flüssigkeit milchig gefunden. In dem Absatze sind natürlich auch todte Bacterien, welche man an dem Zerfallen ihres Plasma und der Ausscheidung von Oeltröpfchen erkennt. Eine Fäulniss der Bacterien, welche die Körper derselben völlig zerstörte, findet, wie bemerkt, nur schwierig statt, da sich die Absätze der Bacterien durch viele Monate, vielleicht auf unbestimmte Zeit unverändert erhalten; auch dieses Verhalten beweist die Anwesenheit von starren zellstoffartigen Membranen, und ist ganz verschieden von dem der eigentlichen Infusorien, welche beim Absterben ganz zerfliessen. Schon Bory hebt 1824 die auffallende Thatsache hervor, dass todter *„Vibrio Bacillus“* in einer verstöpselten Flasche zu tausenden sich Jahre lang am Boden unverändert erhielt, was Ehrenberg gewiss mit Unrecht anzweifelt.

Die meisten Bacterien besitzen einen beweglichen und einen unbeweglichen Zustand. Die Bewegung beruht überall auf einer Rotation um die Längsachse, zu der bei längeren und biegsameren Arten auch active und passive Beugungen und Streckungen in der Länge des Fadens, jedoch niemals Schlängelungen hinzutreten. Alle die verschiedenen Bewegungserscheinungen sind auf diese Grundgesetze zurückzuführen. Die Bacterien können sich durch einfache Aenderung der Rotationsrichtung abwechselnd nach vorn und rückwärts bewegen; ein morphologischer Unterschied zwischen Vorn und Hinten ist nicht vorhanden. Besondere Bewegungsorgane der Bacterien sind

bisher nicht bekannt gewesen; es ist daher die Bewegung der Bacterien nicht mehr und nicht weniger wunderbar geblieben als die ganz analoge der Oscillarien. Ueber die von mir entdeckten Bewegungsorgane der Spirillen werde ich später sprechen.

Die Bewegung der Bacterien scheint an die Gegenwart des Sauerstoffs gebunden, bei Sauerstoffmangel gehen die Bacterien in den bewegungslosen Zustand über. Auch ohne erkennbare Veranlassung wechseln Ruhe und Bewegung oft in kurzen Intervallen. Dauernd ist der bewegungslose Zustand, wenn die Bacterien zu Gallertmassen oder Häutchen verbunden sind, bei den Kugelbacterien und gewissen Fadenbacterien *(Bacteridien)* ist niemals Bewegung beobachtet.

Zweifelhaft ist ob bei den Bacterien Sporen- oder Gonidienbildung stattfindet. In den Ruhezuständen der Niederschläge und Schleimmassen finden wir allerdings mitunter grössere Bacterien-Zellen, welche einen stark glänzenden ölartigen Inhalt haben und Dauer-Zellen zu sein scheinen. Vielleicht entstehen aus solchen Dauer-Zellen die merkwürdigen geschwänzten, und mit einem Köpfchen versehenen Bacterien, welche schon von verschiedenen Beobachtern erwähnt worden sind. Ich fand dieselben in ungeheurer Menge schon 1851 in einer Infusion von todten Fliegen (vgl. Tab. III. fig. 13); auch in faulem Kleber, Eiweiss und anderen faulenden Flüssigkeiten finden wir mitunter zahllose, kuglige oder ovale Körperchen von starker ölartiger Lichtbrechung, zwischen ihnen auch solche, welche sich in einen kurzen zarten Faden verlängern; sie schwimmen wie *B. subtile*, an das sie erinnern, sehr lebendig, indem bald das dünne Fadenende, bald die dicke Fettkugel vorangeht; der Faden biegt sich oft beim Schwimmen. Sie machen den Eindruck von Bacterienkeimfäden, die aus einer ölhaltigen Gonidie oder Dauerzelle hervorgegangen sind. (Vergleiche die Zusammenstellung älterer Beobachtungen bei Polebotnow, Ueber Ursprung und Vermehrung der Bacterien in: Wiesner, Mikroskopische Untersuchungen p. 133.)

Andere Entwickelungszustände der Bacterien als die hier aufgezählten habe ich niemals auffinden können. —

Indem ich nun zur Charakterisirung der von mir genauer untersuchten Bacterienspecies übergehe, beabsichtige ich weder die Grenzen zwischen natürlichen Arten, Formspecies, physiologischen Arten oder Rassen endgiltig festzustellen, noch auch eine vollständige Aufzählung aller wirklich vorhandenen Arten zu geben; ich übergehe vielmehr hier eine Anzahl Formen, welche mir Anrecht auf Selbstständigkeit zu haben scheinen, weil sie noch einer genaueren Untersuchung bedürfen, und beschränke mich darauf die am häufigsten

vorkommenden und auch schon von früheren Beobachtern bemerkten Arten einer kritischen Revision zu unterwerfen und ihre Grenzen schärfer als bisher geschehen festzustellen; ich hoffe, dass diese Arbeit der in neueren Untersuchungen eingerissenen chaotischen Verwirrung gegenüber nicht nutzlos sein wird, selbst wenn dieselbe in Zukunft wesentliche Abänderungen erheischen wird. Auch habe ich versucht, von den hier aufgestellten Arten neue Abbildungen zu geben, welche sämmtlich unter derselben Vergrösserung (Hartnack IX. Oc. 3 = 650) gemacht sind. Arbeiten über Bacterien und ähnliche Organismen ohne oder mit unrichtigen Abbildungen, wie deren in neuerer Zeit so viele erschienen, halte ich für nutzlos, da sie keine Controle der besprochenen Formen gestatten, während selbst die unvollkommenen aber charakteristischen Abbildungen von Leeuwenhoek und O. F. Müller das Wiedererkennen möglich machen.

Ich theile die Bacterien in vier Gruppen (Tribus) deren jede wieder aus einer oder mehreren Gattungen besteht. Ich habe bei der Benennung der Gattungen durchweg die älteren Namen beibehalten, um nicht die Nomenclatur zu belasten, jedoch den Charakter derselben zum Theil schärfer und nach anderen Principien begrenzt.

Tribus I. *Sphaerobacteria* (Kugelbacterien).
Gattung 1. *Micrococcus. char. emend.*
Tribus II. *Microbacteria* (Stäbchenbacterien).
Gattung 2. *Bacterium char. emend.*
Tribus III. *Desmobacteria* (Fadenbacterien).
Gattung 3. *Bacillus n. g.*
Gattung 4. *Vibrio char. emend.*
Tribus IV. *Spirobacteria* (Schraubenbacterien).
Gattung 5. *Spirillum* Ehr.
Gattung 6. *Spirochaete* Ehrenberg.

3. Kugelbacterien, Sphaerobacteria.

Die Kugelbacterien unterscheiden sich zunächst durch die kugelige oder ovale Form ihrer Zellen, in der Regel von minimalen Dimensionen unter 1 Mikromm.; körniger Inhalt ist nicht zu unterscheiden, wohl aber eine doppelt conturirte Membran. In Folge der Theilung hängen die Zellen gewöhnlich paarweise aneinander und sind an der Theilungsstelle stark eingeschnürt. Bei fortschreitender Theilung entstehen kurze Ketten aus 3, 4 bis 8 und mehr Gliedern, welche entweder steif oder gebogen sind und in Folge der Einschnürungen Rosenkranzform zeigen. Diese Ketten unterscheiden sich daher von den Leptothrix-Formen der Faden-Bacterien, welche keine Ein-

schnürungen an den Gliedern besitzen, in ähnlicher Weise wie die Fäden der Nostoc-Arten von denen der Oscillarien. Itzigsohn und Hallier haben für die Rosenkranzketten der Kugelbacterien den Namen *Mycothrix* vorgeschlagen; ich bezeichne sie hier als *Torula*form. (Tab. III. Fig. 1.)

Ausser den Rosenkranzketten kommen die Kugelbacterien noch in zwei anderen Zuständen vor. Die Zellen, welche sich zur Kette aneinander reihen, gestatten bei den Kugelbacterien eine gewisse Verschiebbarkeit, ohne Zweifel weil die Intercellularsubstanz, die sie verbindet, weich ist; daher erscheinen die Ketten unregelmässig, gebrochen, zickzackartig verbogen, einzelne Glieder legen sich der Quere nach und so entstehen, während die Zelltheilung fortschreitet, dichte und verworrene Zellhaufen, Zellballen, Colonien, welche aus einer grossen Zahl von Zellen bestehen und unregelmässige Aneinanderordnung zeigen. Man würde den Ursprung dieser Haufen aus einfachen Kügelchen oder Rosenkranzketten nicht vermuthen, wenn nicht die Entwickelungsgeschichte die Uebergangsstufen auffinden liesse. Ich habe solche Entwickelungen insbesondere bei den Kugelbacterien der Pockenlymphe verfolgt, doch kommt sie auch bei andern Arten vor. (Vgl. Tab. III. Fig. 2.)

Noch häufiger tritt der Fall ein, dass die aus der Zweitheilung hervorgegangenen Tochterzellen ohne sich in Ketten anzureihen sofort in unregelmässiger Lagerung sich neben die Mutterzellen legen und mit ihnen durch Intercellularsubstanz sich verbinden. Auf diese Weise entstehen Anhäufungen zahlloser Kugelzellen, welche gallertartige, oft ausserordentlich zähe, fadenziehende, tropfenartige oder membranöse Schleimmassen bilden. Diese Schleimbildung wird insbesondere bei den Pigmentbacterien beobachtet, welche sich in freier Luft entwickeln. Sie ist aber auch die Normalform bei den in pathologischen Prozessen auftretenden Arten, welche in dichter Schicht die erkrankten Organe überwuchern oder sich in die Interstitien der Lymphkanäle, Gefässe und anderer Gewebe einlagern. Dieser Zustand entspricht der Zoogloea-Form der Stäbchenbacterien, unterscheidet sich aber in der Regel durch geringere Entwickelung der Intercellularsubstanz, in Folge deren die kugeligen Zellen dicht neben und über einander gedrängt sind und unter dem Mikroskop ein äusserst charakteristisches, dicht punktirtes oder fein gekörntes gleichsam chagrinähnliches Ansehen bieten. (Fig. 3.)

Pasteur belegt die Kugelbacterien mit verschiedenen Namen, die einzelligen oder doppelten als *Monades,* die Gallertmassen als *Mycoderma,* die Rosenkranzfaden als *corpuscules en chapelet* und *Torulacées;* unter letzterem Namen führt sie auch van Tieghem

auf. Ehrenberg bezeichnet die Kugelbacterien als *Monaden,* die farblose der Infusionen als *Monas Crepusculum*, diejenige, welche rothes Pigment erzeugt, als *M. prodigiosa.* Unter ersterem Namen führt auch Hoffmann (Bot. Ztg. 1869 pag. 254) die Kugelbacterien auf und bildet ihre Ketten (l. c. tab. 4. fig. 14) ab. Die Kugel-Bacterien als *Monaden* zu bezeichnen geht jedoch aus folgendem Grunde nicht an. Die Gattung *Monas* umfasst in ihrer gegenwärtigen Begrenzung zwar zweierlei ganz verschiedenartige Wesen, nämlich Zoosporen von Wasserpilzen, *Chytridiaceen, Myxomyceten* und anderen, die natürlich mundlos sind, und wirkliche Infusorien, welche mit Hilfe eines Mundes feste Nahrungspartikeln aufnehmen; für beide Formen charakteristisch ist der kugelige oder elliptische, meist farblose Körper, der sich mit Hilfe einer Flimmergeissel bewegt. Den Kugelbacterien aber fehlt nicht nur die Geissel, sondern, soweit ich bis jetzt beobachtet, überhaupt jede spontane Bewegung; sie zeigen nur Molecularbewegung, welche freilich bei diesen so kleinen und leichten Körperchen oft sehr lebhaft ist, so dass man sie ohne genauere Beobachtung leicht mit einer spontanen verwechseln kann, namentlich dann, wenn echte Bacterien oder Monaden die Kugelzellen oder Ketten bei ihren Sprüngen mit fortreissen.

Wegen des Mangels der spontanen Bewegung hat Schroeter in dem voranstehenden Aufsatz die Kugelbacterien, welche Pigmente erzeugen, mit demselben Namen belegt, welchen Davaine für die unbeweglichen Stäbchen des Milzbrandblutes eingeführt hat *(Bacteridium).* Die Milzbrandbacteridien unterscheiden sich jedoch durchaus von den Pigmentbacterien, da sie stäbchen- oder lang fadenförmig sind; sie können daher mit den Kugelbacterien nicht in einer Gattung zusammengestellt werden, da der Mangel der Bewegung der einzige beiden gemeinschaftliche Charakter ist.

Dagegen ist es nicht unwahrscheinlich, dass Hallier unter seinem *Micrococcus* zum Theil die nämlichen Organismen verstanden hat, die ich selbst als Kugelbacterien bezeichne; indess ist die Hallier'sche Lehre vom *Micrococcus,* wie schon Hoffmann und De Bary nachgewiesen, derart mit unrichtigen Behauptungen und unkritischen Hypothesen durchwebt, dass eine Eruirung seiner wirklichen Beobachtungen geradezu unmöglich ist.

Die Kugelbacterien sind die kleinsten aller mikroskopischen Organismen, ihre Grösse lässt sich direct nicht mehr mit Sicherheit messen. Wenn dieselben, wie das fast immer der Fall, gleichzeitig mit *Bacterium Termo* vorkommen, so kann der Zweifel entstehen, ob dieselben wirklich von *B. Termo* verschieden und nicht blos, wie fast alle

neueren Beobachter annehmen, jüngere Entwickelungszustände oder Keime von *B. Termo* sind. Bringt man die Zoogloea-Form einer Kugelbacterienart auf das Objectglas, so findet man in der Regel die fein punktirten Schleimmassen dicht umlagert von beweglichen Stäbchenbacterien, und man kann leicht zu der irrthümlichen Annahme kommen, dass die letzteren aus der Gallert hervorgetreten sind. Es ist auch nicht ausser Acht zu lassen, dass *B. Termo* selbst in seiner Zoogloea-Form manchmal aus kugeligen Körperchen zu bestehen scheint, da die kleinen Stäbchen in der Regel so geordnet sind, dass ihre Köpfe der Peripherie der Gallert zugewendet sind. Doch ist, wie schon bemerkt, die Zoogloea-Form von *B. Termo* in der Regel durch die viel reichlicher entwickelte Intercellularsubstanz von den dicht gedrängten Schleimmassen der Kugelbacterien zu unterscheiden. (Vgl. Fig. 3 u. 5.) Auch ist die Intercellularsubstanz der letzteren in der Regel im Wasser leichter löslich. Sobald man übrigens hinreichend starke Vergrösserungen anwendet, ist der Formunterschied, welcher die kurzcylindrischen Körperchen des *B. Termo* von den kugeligen der Kugelbacterien unterscheidet, besonders bei Anwesenheit von Zellpaaren und Rosenkranzketten, nicht zu verkennen.

Eine andere Irrthumsquelle entsteht dadurch, dass auch nichtorganisirte Körperchen in Form unmessbar kleiner Kügelchen auftreten. Es gilt dies insbesondere von den amorphen pulverigen sogenannten molecularen Niederschlägen der verschiedensten organischen und anorganischen Substanzen: kohlensaurer Kalk, oxalsaurer Kalk, Inulin, Kautschuk, Harz, Gummigutt, chinesische Tusche u. s. w., ganz besonders aber von Fetten und Eiweissstoffen. Diese Gebilde, welche gewöhnlich als *Detritus* bezeichnet, mitunter in unendlicher Menge in Flüssigkeiten oder Geweben thierischen oder pflanzlichen Ursprungs auftreten, stimmen oft in Grösse, Form und Anhäufung derart mit Kugelbacterien überein, dass es geradezu unmöglich wird, ohne die sorgfältigste Untersuchung sich vor Verwechselungen zu schützen. So werden z. B. Beobachtungen über die beim Gerinnen der Milch stattfindenden Vorgänge dadurch ausserordentlich erschwert, dass einerseits die Butterkügelchen in allen Grössen bis zur molecularen wirklicher Kugelbacterien auftreten, andererseits aber auch das Casein sich beim Gerinnen in unmessbar kleinen Kügelchen ausscheidet, welche lebhafte Molecularbewegung zeigen und leicht für Organismen gehalten werden könnten, selbst dann noch, wenn sie sich zu gelatinösen, feinkörnigen Conglomeraten aneinander häufen. Vor der Verwechselung mit Caseinkügelchen kann man sich zwar durch Kali schützen, welches dieselben löst, die Kugelbacterien da-

gegen nicht angreift. Bei der Unterscheidung von minimalen Fetttröpfchen aber lassen uns die Reagenzien im Stich, da auf Aether u. s. w. in schleimigen Flüssigkeiten kein Verlass ist und auch der Unterschied in der Lichtbrechung bei diesen kleinsten Kügelchen kaum sicher wahrgenommen wird. Die Unterscheidung dieser Pseudo-Bacterien, wie sie Hoffmann nicht unpassend benannt hat, von echten Kugelbacterien ist eine Aufgabe, welche unsere heutigen Mikroskope noch nicht in allen Fällen mit der erforderlichen Sicherheit lösen; die Entscheidung giebt allein die Entwickelungsgeschichte: Kügelchen, die sich theilen und in Ketten entwickeln, sind Organismen; wo dies nicht der Fall, haben wir es mit Pseudobacterien zu thun. Beiläufig bemerke ich hier, dass auch die Ausscheidung des Fibrin aus dem Blutplasma zu Pseudobacterien Veranlassung geben kann, da man die unmessbar dünnen und langen Fibrinfäden mit Fadenbacterien verwechseln könnte. Noch mehr erinnern dieselben freilich in ihrer netzförmigen Verfilzung an die Pseudopodien der *Polythalamien* und *Myxomyceten*.

Abgesehen von der Form und Bewegung unterscheiden sich die Kugelbacterien von den Stäbchenbacterien auch durch ihre Function. *B. Termo* ist das Ferment der Fäulniss. Die Kugelbacterien sind ebenfalls Fermente, aber sie erregen nicht Fäulniss, sondern Zersetzungen anderer Art. Sie kämpfen in der Regel mit den Fäulnissbacterien auf dem nämlichen Boden um das Dasein, und ihre Producte werden, wenn sie unterliegen, von den Fäulnissbacterien zerstört.

Kann nun auch, wie ich überzeugt bin, darüber kein Zweifel bestehen, dass die Kugelbacterien einer selbstständigen Abtheilung angehören, so bin ich doch darüber noch zu keinem entscheidenden Urtheil gelangt, ob sich unter den Kugelbacterien selbst wieder verschiedene Gattungen unterscheiden lassen, ob ferner alle die Kugelbacterien, welche verschiedenartige Fermentwirkungen äussern, auch als verschiedene Arten, oder ob sie nur als natürliche Rassen oder Culturvarietäten zu betrachten sind. Indem ich mich jedoch auf das beziehe, was ich bereits auf pag. 135 über Species und Rassen bei den Bacterien entwickelt habe, werde ich im folgenden alle Kugelbacterien, welche sich als Fermente eigener Art verhalten, als eben so viele „physiologische Species“ aufführen.

Ich habe die Kugelbacterien als eine selbstständige von den Stäbchenbacterien verschiedene Gattung zuerst in meinem Vortrage in der Schlesischen Gesellschaft vom 14. Februar 1872 unterschieden, in meinem Aufsatze über Organismen in der Pockenlymphe (Virchow's Archiv 1872, Bd. 55) habe ich eine genauere Charakteristik der ein-

zigen Gattung gegeben, welche wir bisher unter den Kugelbacterien unterscheiden, und derselben einen neuen Namen „*Microsphaera*“ beigelegt. Ich übersah dabei, dass dieser Name bereits von Leveillé an eine *Erysiphe* vergeben war; um nicht nochmals die ohnehin überreiche Synonymie mit einem neuen Worte zu belasten, habe ich nunmehr den von Hallier aufgestellten und in weiten Kreisen eingebürgerten Namen *Micrococcus* adoptirt. Es versteht sich jedoch von selbst, dass ich mit *Micrococcus* nur den ganz bestimmten Begriff verbinde, den ich in der vorstehenden Erläuterung auseinandergesetzt habe, und dass alles, was Hallier über Entstehung seiner Micrococcus-Schwärmer aus und deren Entwickelung zu verschiedenen Schimmelpilzen angiebt, auf meine Gattung *Micrococcus* keinen Bezug hat. Die Merkmale von *Micrococcus char. emend.* sind ausschliesslich folgende: Zellen farblos oder schwach gefärbt, sehr klein, kugelig oder oval, durch Quertheilung zu zwei- oder mehrgliederigen kurzen rosenkranzförmigen Fäden (Mycothrix, Torulaform), oder zu vielzelligen Familien (Colonien, Ballen, Haufen) zu Schleimmassen (Zoogloea-, Mycoderma-Form) vereinigt, ohne Bewegung.

Da die Arten von *Micrococcus* sich durch die Gestalt und Grösse ihrer Zellen nur sehr schwierig, wohl aber durch deren physiologische Thätigkeit leicht unterscheiden lassen, so ordne ich dieselben in drei Gruppen: *chromogene*, *zymogene* und *pathogene* Kugelbacterien der Pigmente, der Fermentationen und der Contagien.

4. Pigmentbacterien; Zymogene Kugelbacterien.

Diejenigen Kugelbacterien, welche in gefärbten Gallertmassen auftreten, bezeichne ich als Pigmentbacterien *(chromogene Micrococcusarten)*. Ueber diese Arten und die von ihnen erzeugten Farbstoffe verbreitet sich die in diesem Hefte abgedruckte Schroeter'sche Abhandlung, so dass ich hier nur in Bezug auf die biologischen Verhältnisse dieser Arten Ergänzungen beifüge.

Alle Pigmentbacterien vegetiren in Zoogloeaform *(Mycoderma* Pasteur); sie bilden schleimige Massen, welche in Folge ausserordentlich rascher Zellvermehrung sich in kurzer Zeit auf der Oberfläche ihrer bald flüssigen, bald festen, in der Regel organischen Nährsubstanz entwickeln, und dieselbe mitunter vollständig in farbigen Schleim einhüllen. Das Pigment entsteht nur in Berührung mit Luft, erscheint daher zuerst an der Oberfläche und dringt allmählich mehr oder minder in die Tiefe ein.

Alle Pigmentbacterien erzeugen eine alkalische Reaction; selbst

wenn das Medium, in dem sie sich vermehren, ursprünglich neutral oder sauer war, tritt die alkalische Reaction auf, sobald der Farbstoff sich bildet. Nach Schroeter geht jedoch der alkalischen Reaction stets die Erzeugung einer Säure voraus, und durch Ueberhandnehmen des alkalischen Stoffs wird das Pigment oft zerstört (l. c. p. 113).

Eine unerschöpfliche Quelle für die verschiedenartigsten Pigmentbacterien sind gekochte und in feuchter Luft sich selbst überlassene Kartoffelscheiben, wie zuerst Fresenius (Beiträge zur Mycologie, Heft II.) hervorhob; da auf diesen Kartoffeln sich stets in kurzer Zeit gefärbte Schleimmassen entwickeln, so ist zu folgern, dass die Luft stets Keime von Pigmentbacterien mit sich führt; auf der andern Seite steht fest, dass ein bestimmtes Pigment oft lange Zeit in einer bestimmten Localität sich nicht von selbst bildet, so bald es aber einmal aufgetreten, sich beliebig vermehren lässt. Wir folgern daraus, dass die Keime der verschiedenen Pigmentbacterien nicht gleichmässig in der Luft vertheilt sind, dass bald die eine, bald die andere Art nicht vorhanden ist, dass aus diesem Grunde die Pigmente sich nicht beliebig hervorrufen, noch das eine in das andere willkürlich umwandeln lassen, dass deren Erscheinen vielmehr vom Zufall abhängt. Endlich steht fest, dass die verschiedenen Pigmente nicht etwa von einem und dem nämlichen Organismus in Folge verschiedenartiger Nahrung oder verschiedener äusserer Verhältnisse gebildet worden; denn auf derselben Kartoffelscheibe vegetiren dicht neben einander und doch scharf von einander getrennt verschiedene Pigmentschleime, und jeder giebt bei der Vermehrung ausnahmslos nur den nämlichen Farbstoff, auch wenn die Nährsubstanz in der verschiedenartigsten Weise abgeändert wird (z. B. Brod, Fleisch, Kartoffeln, künstliche Nährstofflösungen). Es kann daher mit Bestimmtheit geschlossen werden, dass die Pigmenterzeugung ein Resultat, nicht äusserer Bedingungen, sondern specifischer, physiologischer und durch Fortpflanzung constant sich vererbender Eigenthümlichkeiten ist, ganz ebenso wie etwa der rothe oder gelbe Farbstoff in den Blumen von *Rosa canina* und *Rosa Eglanteria*. Trotz der äusseren mikroskopischen Uebereinstimmung sind wir daher berechtigt, verschiedene, wenn auch hier jetzt nur physiologische Species der Pigmentbacterien zu unterscheiden.

Je nachdem die Pigmente in Wasser löslich sind, oder nicht, zerfallen sie in zwei Klassen; in der zweiten Klasse beschränkt sich das Pigment auf Protoplasma und Intercellularsubstanz der *Zoogloea*, in der ersten verbreitet es sich auch in den Medien, in denen sie vegetiren.

Zur ersten Klasse gehören die Kugelbacterien des rothen und gelben Pigment, zur zweiten die des orange; grünen und blauen; von einigen Farbstoffen ist das Verhältniss noch nicht festgestellt.

a. Unlösliche Farbstoffe.

1. Micrococcus prodigiosus (Monas prodigiosa Ehr. *Palmella prodigiosa Mont. Bacteridium prodigiosum* Schroet.).

Während ich zwei Jahre lang vergeblich mich bemühte, diese am längsten beobachtete und durch Ehrenberg in ihren historischen Beziehungen in interessantester Weise beschriebene Art im Pflanzenphysiologischen Institut zu erziehen, in welchem sie früher sich stets reichlich gebildet hatte, erhielt ich am 28. Juli 1872 dieselbe wieder durch Herrn Stud. Langendorf, bei dem sie sich unter der Glasglocke auf gekochten Kartoffeln innerhalb wenig Tagen erzeugt hatte. Auffallend ist der zähe fadenziehende, fast membranöse Schleim, den diese Art mitunter bildet, so dass es schwierig ist, eine kleine Portion mit der Nadel auf das Objectglas zu bringen. Auf Tab. III. Fig. 1 habe ich Abbildungen der isolirten Kügelchen, Fig. 3 der Zoogloeaform gegeben; die Zeichnungen können jedoch auch für alle übrigen Arten gelten, da diese unter dem Mikroskop, abgesehen von geringen Grössenverschiedenheiten, sich vollständig gleichen.

Pfirsichblüthrothe Färbungen, die sich mitunter auf der Oberfläche verschiedener im Wasser modernder Gegenstände, oder als Absatz am Boden bilden, scheinen einer eigenthümlichen Micrococcusart anzugehören.

2. Micrococcus luteus (Bacteridium luteum Schroeter l. c. p. 119).

Die gelben Tröpfchen von der Grösse eines Mohnsamen bis zur halben Pfefferkorngrösse, welche Schroeter im Pflanzenphysiologischen Institut auf Kartoffeln erzog, habe ich auf demselben Nährboden ebenfalls zu allen Zeiten erhalten; am 27. März 1872 brachte ich eine Nadelspitze dieses hellgelben Schleims in einen Reagenzcylinder, welcher eine weiter unten genauer beschriebene künstliche Nährflüssigkeit (weinsaures Ammoniak) enthielt; auf der Oberfläche dieser Flüssigkeit vermehrte sich die gelbe *Zoogloea* dergestalt, dass sie bis Ende April eine dicke gelbe Haut bildete, welche den Querschnitt des Reagenzgläschens übertraf und sich daher in tiefen Falten auf und ab bog, auch an den Wänden sich weit in die Höhe zog, ohne jedoch die Flüssigkeit selbst zu färben, da das Pigment in Wasser unlöslich ist, wie das des *M. prodigiosus*. Auch am Boden bildete sich ein gelber Absatz.

b. Lösliche Farbstoffe.

3. Micrococcus aurantiacus (Bacteridium aurantiacum Schroeter p. 119) wurde von Schroeter im pflanzenphysiologischen Institut auf gekochten Kartoffelscheiben erzogen, auf denen es kleine Tröpfchen oder auch grössere Flecken bildete.

Am 25. November 1871 erschienen auf einem gekochten, in der Mitte durchgeschnittenen Hühnerei, welches ich ein Paar Tage vorher unter eine Glasglocke gestellt hatte, und zwar zuerst auf dem Eiweiss, orangegelbe Flecke von Stecknadelkopfgrösse und darunter, in grosser Zahl zerstreut; die Färbung war ganz die des Eidotter; die Flecken breiteten sich allmählich aus, und überzogen fast gleichmässig die ganze Unterseite des Eies; sie erschienen auch auf dem Gelbei, von dem sie sich durch die Farbe kaum unterschieden. Diese Tröpfchen bestanden aus zahllosen, einfach oder paarweise, auch wohl zu vier zusammenhängenden Kügelchen, welche sich leicht im Wasser vertheilen liessen und dann nur Molecularbewegung zeigten; isolirte Kügelchen hatten eine ovale Form; in dichter Lagerung zeigte die Masse jenes für die *Zoogloea* der Kugelbacterien charakteristische feinpunktirte Ansehen (vgl. Tab. III. Fig. 3).

Als nach einiger Zeit das Ei unter Entwickelung eines unerträglichen Geruchs zu faulen begann und sich gleichzeitig farblose Stäbchenbacterien im Uebermasse entwickelten, wurde die Glasglocke entfernt, und das Ei trocknete allmählich aus, wobei die goldgelben Flecken und Tröpfchen sich etwas intensiver färbten. So trocken in einer Schachtel aufbewahrt, verloren die Pigment-Bacterien nicht ihre Lebensfähigkeit; denn als ich am 1. März 1872 auf frisch gekochte Hühnereier ein Wenig von der goldgelben Masse mit Hülfe der Nadel brachte, entwickelten sich sofort nach drei Tagen die orangefarbenen Gallerttropfen und vermehrten sich, wie beim ersten Mal; wenn ich mit dem Messer etwas von der Masse über das harte Eiweiss vertheilte, so erhielt ich bald goldgelbe Streifen, die sich rasch vergrösserten, und zu neuer Uebertragung auf andere Eier dienten. Von dem goldgelben Schleim wurde eine an der Nadelspitze haftende minimale Menge am 6. März in einen Reagenzcylinder gebracht, in welchem 20 Gm. einer einprocentigen Nährstofflösung (von essigsaurem und weinsaurem Ammoniak nebst den erforderlichen Aschensalzen) enthalten war; zwei Tage später hatten sich die Pigmentbacterien bereits so vermehrt, dass sie eine 2—3 Millimeter hohe goldgelbe Schicht auf der Oberfläche der Flüssigkeit bildeten; ein Tröpfchen von dieser Schicht in einen Reagenzcylinder mit gleicher Nährstofflösung am 16. März gebracht, erzeugte wiederum eine goldgelbe Schicht innerhalb zwei Tagen auf der Oberfläche der Flüssigkeit.

Hartgekochtes Hühnereiweiss, welches am 16. April 1871 in einem Reagenzcylinder mit destillirtem Wasser nochmals aufgekocht und dann durch Zuschmelzen hermetisch eingeschlossen war, hatte sich 7 Monate unverändert schneeweiss und fast ohne Spur von Fäulniss erhalten, als am 25. November die dünne ausgezogene Spitze des Reagenzcylinders abbrach; wenig Tage darauf entwickelten sich im Wasser Stäbchenbacterien, welche dasselbe trübten; als im März 1872 der Cylinder wieder untersucht wurde, war die Flüssigkeit schön orangegelb geworden und wimmelte von zahllosen unbeweglichen Kugelbacterien, die einzeln, oder häufiger paarweise, doch auch zu 3, 4 und in grösserer Zahl zu geraden oder verbogenen Torulaketten in unregelmässigen Häufchen verbunden waren; die Grösse der einzelnen Zellen bestimmte ich zu 1,5 Mikrom.; es schien mir dies der nämliche *M. aurantiacus,* den ich früher nur auf der Oberfläche der Eier gefunden hatte.

4. Micrococcus chlorinus. Auf demselben Ei, auf welchem die orangegelben Flecken sich bildeten, erschien gleichzeitig auch gelb- oder saftgrünes, schleimiges Pigment, das ebenfalls von Kugelbacterien erzeugt war. Den nämlichen Farbstoff erhielt ich in Lösung in einem Reagenzcylinder, in welchem am 21. Nov. 1871 gekochtes Hühnereiweiss mit destillirtem Wasser übergossen worden war; das Eiweiss begann sich zu zersetzen, die Flüssigkeit wurde milchig; nach einiger Zeit sammelte sich an der Oberfläche derselben eine saftgrüne Schleimschicht mit einer Micrococcushaut, welche nach unten sich allmählich verbreitete, und bis Mitte März die ganze Flüssigkeit schön gelbgrün gefärbt hatte; im Laufe des April wurde dieselbe sogar klar, und behielt dabei ihre gelbgrüne Farbe, während ein gleichfarbiger Bacterien-Niederschlag sich absetzte.

Als ich am 5. August 1872 den weissen Bacterienabsatz, welcher aus früheren Versuchen sich in einer künstlichen Nährflüssigkeit (weinsaures Ammoniak) niedergeschlagen hatte, mit derselben Flüssigkeit nochmals übergoss, wurde dieselbe sofort in Folge neuer Bacterienvermehrung milchig; drei Tage später hatte sich bereits an ihrer Oberfläche eine 1 Cm. hohe, gelblich saftgrüne Schicht gebildet, auf der eine Zoogloeahaut *(Mycoderma)* von dem bekannten feinkörnigen Ansehn der Kugelbacterien schwamm; allmählich wurde die gesammte Nährflüssigkeit gelbgrün. Dieser Farbstoff wird durch Säuren nicht geröthet, wie der blaugrüne, zu *M. cyaneus* gehörende, sondern entfärbt; vielleicht ist er mit dem der sog. gelben Milch verwandt (vergl. Schroeter l. c. p. 120, der auch auf Kartoffeln saftgrüne Färbung fand).

5. Micrococcus cyaneus (Bacteridium cyaneum Schroeter l. c. p. 122).

Die elliptischen unbeweglichen Kügelchen dieser Art wurden von Schroeter im Januar 1870 als Ursache einer auf gekochten Kartoffeln erschienenen umfangreichen und intensiven Blaufärbung beobachtet. Mir selbst kam dieses blaue Pigment zur Beobachtung, als ich zuerst am 29. Januar 1872 ein Gemisch von 8 Cub.-Cm. destillirtem Wasser, 2 Cub.-Cm. concentrirter Lösung von saurem weinsteinsaurem Kali und 2 Cub.-Cm. käuflichem essigsaurem Ammoniak nebst den nöthigen Nährsalzen mit einem Tropfen Bacterienflüssigkeit versetzte und in einem geheizten Blechkasten bei ca. 30° C. offen stehen liess. An der Oberfläche bildete sich eine *Zoogloea* (Mycoderma-Haut) von Kugelbacterien, neben unzähligen Stäbchenbacterien; nach neun Tagen begann die Flüssigkeit sich schwach blaugrün zu färben; die Färbung wurde von Tag zu Tag intensiver und reiner blau und war am 17. Februar ganz blau, wie Kupfervitriollösung. Durch Uebertragung der auf der Oberfläche schwimmenden Zoogloeahaut, sowie der sich allmählich bildenden Bacterien-Absätze konnte ich aus neuen Lösungen von ähnlicher oder modifizirter Zusammensetzung den blauen Farbstoff immer wieder erzeugen, so dass die Fermentthätigkeit dieser „Pigmentmutter" nicht bezweifelt werden kann; bei Aussaat wurde die Flüssigkeit zuerst alkalisch, trübe, milchig, so lange die stets gleichzeitig vorhandenen Stäbchen-Bacterien sich überwiegend vermehrten, schliesslich aber ganz klar und rein blau, nachdem die Bacterien sich am Boden abgesetzt hatten. Ich werde auf diese Verhältnisse später noch einmal zurückkommen.

Der blaue Farbstoff wurde von mir in einer vorläufigen Mittheilung vom 14. Februar 1872 mit dem *Lacmus* verglichen, dem er äusserlich ganz gleicht; auch wird derselbe durch Säuren roth, durch Neutralisirung der Säure mittelst Ammoniak wieder blau; er wird durch Alcohol nicht gefällt; er fluorescirt nicht und besitzt ein Spectrum ohne Absorbtionsstreifen, nur mit Verdunkelung der schwächer brechenden Hälfte.

Bekanntlich ist der Lacmusfarbstoff auch nicht als solcher in den Flechtenauszügen enthalten, aus denen er dargestellt wird; diese sind vielmehr ursprünglich farblos und erlangen ihr Pigment erst durch eine Art Gährung oder Fäulniss, bei welcher Ammoniak und andere Basen (Kalk) eine noch nicht näher ermittelte Rolle spielen; es lässt sich bis jetzt noch nicht feststellen, ob bei der echten Lacmusgährung auch Kugelbacterien betheiligt sind.

Der von mir erzeugte blaue Farbstoff enthält kohlensaures Ammo-

niak, welches durch die Fermentthätigkeit aus dem ursprünglich zugesetzten weinsauren Ammoniak entstanden ist; derselbe zeigt jedoch nicht jene Beständigkeit, wie einige andere Pigmente chromogener Kugelbacterien; denn die Flüssigkeit, in welcher er sich löst, erscheint in der Regel anfangs spangrün und wird erst allmählich blau; am Licht verliert er nach einiger Zeit wieder seine Intensität und zeigt eine blaugrüne Nuance, wobei sich ein dunkelbraunes Pulver absetzt; in andern Fällen erhielt sich die span- oder lauchgrüne Färbung, ohne in Lacmusblau überzugehen, und steigerte sich sogar zu grosser Intensität und Reinheit; auch lauchgrüne Lösung wird durch Säuren roth, durch Ammoniak das Grün wieder hergestellt; es handelt sich hier offenbar nur um Modification eines und desselben Pigments durch noch unbekannte chemische Reactionen. Eine sehr intensiv spangrüne Fleckenbildung beobachtete ich auch am 8. August 1872 auf gekochten Kartoffelscheiben, und auch hier fanden sich auf und zwischen den Kartoffelzellen zahllose Kugelbacterien, denen die Erzeugung des Pigment zuzuschreiben ist.

6. Micrococcus violaceus (B. violaceum Schroeter l. c. p. 122), besteht aus elliptischen unbeweglichen Körperchen, die grösser als die von *M. prodigiosa,* oft in Ketten verbunden sind, und bildet veilchenblaue Schleimklümpchen und Flecken; wurde im Januar 1870 von Dr. Schneider auf gekochten Kartoffeln erzogen, und von Dr. Schroeter näher untersucht; mir selbst ist dieses Pigment noch nicht vorgekommen. —

Die Organismen, welche die blaue und gelbe Milch, sowie den spangrünen Eiter erzeugen *(Vibrio synxanthus* und *syncyanus* Ehr., *Bacteridium aerugineum* Schroet.), und die, welche Schroeter als Erreger eines braunen Farbstoffs in einer faulenden Infusion von Maiskörnern beobachtet *(Bacteridium brunneum)*, können nicht zu den Kugelbacterien gezogen werden, da sie Stäbchenform besitzen und theils bewegungslos, zum Theil selbst (in Milch und Eiter) beweglich sind. Ich selbst habe diese Pigmente noch nicht näher untersucht; ich hatte zwar in den letzten Tagen Gelegenheit, blauen Eiter, der in einen Charpiebausch eingesogen war, durch die Güte des Herrn Dr. Carl Weigert zu sehen; es fehlte mir jedoch die Gelegenheit, eine nähere Untersuchung anzustellen. Jedenfalls können wir für jetzt nicht alle Pigmentbacterien zu den Micrococcusarten zählen.

Sehen wir von jenen Stäbchenbacterien ab, so ergiebt sich aus den hier zusammengestellten Beobachtungen:

1. dass die chromogenen Kugelbacterien zwar im mikroskopischen

Ansehen, in der Art ihrer Vermehrung, Schleimbildung, in ihrem Bedürfniss nach Sauerstoff und in der alkalischen Reaction völlig übereinstimmen und sich nur durch unwesentliche und unbeständige Formverhältnisse (Grösse, kugelige oder ovale Gestalt ihrer Zellen) unterscheiden,

2. dass die von ihnen erzeugten Pigmente in der Farbe, dem chemischen und spectroscopischen Verhalten, Löslichkeit oder Unlöslichkeit im Wasser, Analogie mit Anilin, Lacmus und anderen Arten von Farbestoffen die grössten Verschiedenheiten zeigen,

3. dass jede Art bei fortgesetzter Cultur auch unter den verschiedensten äusseren (eiweisshaltigen oder eiweissfreien) Nahrungsverhältnissen stets den nämlichen Farbestoff erzeugt,

4. dass also, wie schon oben bemerkt wurde, die verschiedenen Pigmente nicht durch Verschiedenheit der Nahrung und anderer äusserer Verhältnisse zu erklären, sondern von verschiedenen physiologischen Lebensthätigkeiten abzuleiten sind, welche selbst, weil constant vererbt, nur aus der angeborenen Verschiedenheit oder specifischen Natur distincter Arten oder doch Rassen zu erklären sind.

Die hier festgestellten Schlüsse sind darum wichtig, weil sie ohne Zweifel eine Anwendung auf die übrigen Fermentwirkungen von Bacterien gestatten, auch da, wo diese nicht so evident hervortreten, oder dem Experimente so leicht zugänglich sind, wie bei den Pigmentbacterien.

An die chromogenen Pigmentbacterien schliesse ich einige Micrococcus-Arten, welche Fermentationen verschiedener Art erregen, und die ich deshalb als zymogene bezeichne.

7. *Micrococcus ureae:* Harnferment; Ferment der Ammoniakgährung.

Es ist längst bekannt, dass normaler frischer Harn klar und schwach sauer ist, dass er sofort beim Erkalten einen Absatz von harnsaurem Natron und anderen Sedimenten bildet, und gleichzeitig stärker sauer, nach 4—5 Tagen aber, unter Umständen auch früher oder später, neutral, dann alkalisch wird und einer Gährung unterliegt, bei welcher der Harnstoff zersetzt und kohlensaures Ammoniak gebildet wird. Ueber die saure Gährung, welche nach Scherer unter Einfluss der Harnpigmente steht, sind mir keine genaueren Untersuchungen bekannt. Dass bei der alkalischen Gährung ein Ferment im Spiele sei, wurde längst vermuthet; Pasteur aber lieferte den Beweis, dass dasselbe organisirt und aus der Luft übertragbar sein müsse, da gekochter Harn, vor dem Zutritt des Staubes geschützt, sich noch nach zwei Monaten, und, wie Pasteur neuerdings gezeigt,

noch nach vielen Jahren unverändert sauer erhält. Pasteur wies ferner im alkalischen Harn verschiedene Organismen: Schimmelpilze, Hefe und Bacterien nach; aber er bezeichnete ein Gebilde mit grosser Wahrscheinlichkeit als das eigenthümliche Ferment der alkalischen Harngährung, durch welche sich der Harnstoff in kohlensaures Ammoniak verwandelt, und in Folge der Alkalinität auch die alkalischen Urate und das phosphorsaure Ammoniakmagnesiasalz sich abscheiden. Dies Ferment ist nach Pasteur eine *Torulacée* aus sehr kleinen rosenkranzförmig aneinandergereihten Kügelchen von etwa 1,5 Mikrom. Durchmesser. (Annales de Chemie et de Physique 1862 Bd. 64. p. 52 u. 55. Mem. sur les corpuscules organisés qui existent dans l'atmosphère; hierzu die, zu schwach vergrösserte aber kenntliche Abbildung auf Tab. II. fig. 21 u. 22.) In einer Abhandlung sur la fermentation ammoniacale, (Comptes rendus LVIII. p. 210. 1864) erwies van Tieghem durch eine Reihe von Versuchen die Richtigkeit der Pasteur'schen Vermuthung, indem er zeigte, dass aus einer Lösung von Harnstoff in Hefewasser, in welche das rosenkranzförmige Harnferment, von ihm ebenfalls als *Torulacée* bezeichnet, ausgesät wird, innerhalb 36 Stunden der gesammte Harnstoff verschwindet, und in kohlensaures Ammoniak umgewandelt wird. Andere Fermentorganismen dagegen bewirken die Ammoniakgährung nicht, z. B. gleichzeitig zugesetzte Bierhefe verursacht im Harn Alcoholbildung, etc. Van Tieghem fand, dass auch Hippursäure durch eine dem Harnferment vielleicht identische *Torulacée* in Benzoësäure und Glycollamin zerlegt werde.

Pasteur (Etudes sur les vins, Comptes rendus etc. 18. Jan. 1864) giebt eine neue bessere Abbildung des Harnferments (l. c. fig. 11); dasselbe scheint ihm identisch mit dem von ihm im schleimigen fadenziehenden Wein (Vin filant) nachgewiesenen, dessen Rosenkranzfäden aus Kügelchen von 0,2 Mikrom. Durchmesser bestehen; eine ganz ähnliche „*Torulacée*“ findet Pasteur auch in gewissen Fermentationen des weinsauren Ammoniak und der Bierhefe, mit oder selbst ohne Zusatz von kohlensaurem Kalk; er stellt die Frage auf, ob wirklich der nämliche Organismus, je nachdem er sich in neutralen, alkalischen oder sauren Flüssigkeiten entwickelt, verschiedenartige Gährungen veranlasst?

Meine eigenen Untersuchungen bestätigen die Pasteur'sche Entdeckung. Frischer saurer Harn zeigt, nachdem er zwei Tage bei 30° offen gestanden, Trübung unter Entwickelung von Kugelbacterien, welche als Kügelchen oder ovale Zellen, vereinzelt herumschwimmen oder zu 2, 4 bis 8 kettenförmig aneinander hängen

(Torulaform); bei 4 bis 8-gliedrigen Ketten liess sich zwischen je 2 Zellen ein etwas grösseres Intervall erkennen, offenbar weil je zwei immer aus einer Mutterzelle hervorgegangen waren (vgl. Tab. III. Fig. 4). Die Zellen ordnen sich nicht immer in geraden Reihen; indem sie sich verschieben, zeigt sich zickzackartige, gebogene, selbst kreuzständige Anordnung; aus fortgesetzten Theilungen entstehen unregelmässige Gruppen. Den Durchmesser der einzelnen verhältnissmässig grossen Kügelchen bestimmte ich auf 1,25—2 Mikrom.; sie zeigen nur moleculare Bewegung; bald finden sich aber auch Stäbchen und Fadenbacterien ein *(Bacterium termo* und *Bacillus subtilis),* mit lebhaft springenden, rollenden oder rotirenden Bewegungen; einige Tage später sind sie meist unbeweglich geworden, gleichwohl aber in lebhafter Vermehrung; *Bacillus subtilis* bildet längere, grade oder gekrümmte, unbewegliche Fäden (Leptothrixform) von 12—20 Mikrom. Länge. Oben bildet sich eine Schleimhaut aus dem *Micrococcus;* mit der Zeit vermehrt sich die Masse der Micrococcusketten und der Bacterien, und es siedeln meist auch Schimmelpilze sich an der Oberfläche, und Hefezellen im Innern, oder am Boden der Flüssigkeit an.

Aehnliche Micrococcus-Ketten und Zoogloea-Schleimmassen habe ich übrigens auch in verschiedenartigen Infusionen und faulenden Flüssigkeiten aufgefunden; gewisse Formen sind regelmässige Begleiter der gewöhnlichen Stäbchenbacterien; doch lässt sich in den meisten Fällen über ihre Fermentthätigkeit nichts aussagen. Man kann die farblosen Kugelbacterien der gewöhnlichen Infusionen als *Micrococcus Crepusculum* = *Monus Crepusculum* Ehr. bezeichnen.

Auf gekochten Kartoffelscheiben entstehen neben den farbigen auch schneeweisse Pünktchen und Flecken, welche ebenfalls von Kugelbacterien, gleich denen von *M. luteus* u. a., gebildet sind; ich bezeichne diese Art als *Micrococcus candidus.*

5. Pathogene Kugelbacterien.

Eine andere Kategorie physiologischer Thätigkeiten entwickeln die pathogenen Kugelbacterien, die wir für die Fermente der Contagien halten. Es ist nicht meine Absicht, hier alle die Fälle speciell zu erwägen, wo während der letzten Monate in immer steigender Zahl bei den verschiedensten pathologischen Prozessen contagiöser Natur Bacterien aufgefunden worden sind; ich beschränke mich auf diejenigen, welche mir selbst genauer bekannt, oder über welche Beobachtungen von besonderer wissenschaftlicher Bedeutung publicirt worden sind.

8. Micrococcus Vaccinae (Microsphaera Vaccinae Cohn, Virchow's Archiv 1872). Pockenbacterien.

In meinem Aufsatze „Organismen in der Pockenlymphe" (Virchow's Archiv LV. 1872), auf den ich verweise, habe ich eine ausführliche Mittheilung über diese Körperchen gegeben, welche in Form ausserordentlich kleiner, auch paarweise verbundener Kügelchen in der völlig reinen und frischen Vaccine, so wie in der Lymphe der Variolapusteln in ausserordentlich grosser Zahl vorkommen, und auch schon von früheren Beobachtern, insbesondere von Keber, Hallier und Zürn mehr oder minder genau beobachtet worden sind.

Durch Einschliessen frischer Lymphe zwischen Object- und Deckglas, die zuvor auf das Sorgfältigste gereinigt waren, und sofortiges Verkitten der Gläser durch Asphaltlack wurde die Lymphe gegen nachträgliches Eindringen fremder Keime geschützt; wurde ein solches Präparat von Vaccine-Lymphe in einen auf circa 35° geheizten Raum gestellt, so liess sich schon nach ein Paar Stunden die Vermehrung der Kügelchen zu 2—8zelligen Rosenkranzfäden beobachten; in Folge nachträglicher Verschiebung der einzelnen Glieder trat bei fortgesetzter Theilung eine unregelmässige Gruppirung derselben in allen denkbaren Combinationen ein; im Laufe mehrerer Tage gingen unter fortdauernder Vermehrung unregelmässige Zellhäufchen oder Colonien aus 16, 32 und mehr Kügelchen hervor, die bis zu 10 Mikrom. und darüber im Durchmesser hatten (Tab. III. fig. 2). Durch Druck liessen sich die zu einem Häufchen verbundenen Zellen leicht trennen. Dass diese Körperchen die wirksamen Bestandtheile der Lymphe und der Vermittler des Contagiums seien, ist zwar noch nicht direct erwiesen, ist aber durch ältere Erfahrungen über die Wirkungslosigkeit des flüssigen körnchenlosen Bestandtheils der Lymphe, wie insbesondere durch die endosmotischen und Verdünnungsversuche von Chauveau (Comptes rendus 1868 a. a. O.) und Burdon Sanderson (Introductious Report on the Intimitate Pathology of Contagion) höchst wahrscheinlich gemacht. Die Micrococcus-Zellen der Pocken sind in allen Zuständen bewegungslos; zwischen denen von Vaccine und Variola konnte ich keinen constanten Unterschied ermitteln und möchte sie daher nur für verschiedene Rassen derselben Art halten. Die Grösse der einzelnen Kügelchen konnte ich nicht direct messen, schätze sie aber auf 0,5 Mikrom. und darunter. C. Weigert, (Medizin. Centralblatt vom 30. Aug. 1871) hatte schon vor meinen Beobachtungen an Pockenleichen constatirt, dass die Kanälchen der Pockenhaut sehr oft von äusserst kleinen, dicht an einander gelagerten kugeligen Körperchen vollgestopft sind, welche ich nach Vergleichung der mir von

ihm vorgelegten Präparate nicht anstehe, für identisch mit den Micrococcen der Lymphe zu erklären (sie entsprechen der Fig. 3 unserer Tafel III.); es scheint, als gelangten aus den Lymphkanälchen die Pockenkörperchen in die Lymphe der Pusteln. Wird Pockenlymphe in verschlossenen Glascapillaren aufbewahrt, so behält sie längere Zeit ihre Wirksamkeit; es bilden sich dabei grössere, schon mit blossem Auge sichtbare Flöckchen und Gerinnsel, welche als die hauptsächlich wirksamen Theile der Lymphe anerkannt, und durch Zusammenkleben und Adhäriren der aus der Vermehrung der Pockenkörperchen hervorgegangenen Zellhäufchen entstanden sind. Das Vorkommen grösserer kugliger Zellen mit ölartigem Inhalt in diesen Flöckchen scheint mir auf die Bildung von Dauerzellen hinzuweisen; doch wird durch nachträgliche Ausscheidungen heterogener Stoffe aus der Lymphe (Fibrinfäden, Fett, Krystallisationen etc.) die genauere Feststellung sehr erschwert.

Ich lasse nun einige Vorkommnisse von Kugelbacterien folgen, bei welchen ich in Ermangelung eigener Untersuchungen nur die Angaben fremder Beobachter zu Grunde legen kann.

9. Micrococcus diphtericus, Kugelbacterien der Diphtheritis. Ich gehe hier zunächst von der wichtigen, auf mikroskopische, klinische und experimentelle Untersuchungen gleichmässig gegründeten Abhandlung von Oertel (Experimentelle Untersuchungen über Diphtherie, Deutsches Archiv für klinische Medizin Band VIII. 1871) aus. Schon im Jahre 1868 hatten Buhl, Hüter und Oertel in den diphtheritischen Membranen eine massenhafte Pilzvegetation erkannt, welche Oertel als *Micrococcus* bezeichnete; in seiner neueren Arbeit weist derselbe die ungeheure Verbreitung dieses *Micrococcus* nach, der ausnahmslos in allen Fällen diphtheritischer Erkrankung in den Geweben der zunächst ergriffenen Schleimhäute der Luftröhre und des Kehlkopfs, nicht minder aber in den Lymphgefässen und dem die Lymphgefässe umgebenden Netze, zwischen den Maschen des Bindegewebes und der Fettzellen, ebenso aber auch in den Nieren und im Muskelgewebe, so wie im Blute selbst sich verbreitet. Der *Micrococcus* der Diphtherie besteht aus eirunden, körnchenförmigen Zellen, von 0,35 bis 1,1 Mikrom., welche einzeln oder häufiger paarweise, oder zu 4—6 rosenkranzförmig zusammenhängen; dann aber auch in ungeheurer Vermehrung kolonieförmig auf der Oberfläche und in den Gewebs-Interstitien der erkrankten Organe wuchern und kuglige Ballen, cylindrische oder streifenförmige Nester bilden.

Die Abbildungen, welche Oertel seiner Arbeit beigegeben (insbesondere Fig. 7b. 8b. 11.), lassen keinen Zweifel, dass der Diphthe-

ritis-Pilz zu den Kugelbacterien gehört. Oertel erwähnt allerdings noch einen zweiten, beweglichen Zustand seines *Micrococcus,* den er als „Micrococcusschwärmer" bezeichnet; die rundlichen Körperchen sollen nämlich einzeln, paarweise und in Torulaketten rotiren, oder schraubenförmig sich bewegen, zum Theil deutliche, einfache oder doppelte Schwingfäden besitzen; Oertel's Abbildungen zeigen jedoch unzweifelhaft Stäbchen- (Fig. 12) und Fadenbacterien (Fig. 7. 9) vielleicht auch Spirillen (Fig. 7 i) die mit den Micrococcen schwerlich im Zusammenhange stehen, und sich wohl nur, wie gewöhnlich, gleichzeitig auf demselben Nährboden entwickeln. Oertel giebt auch an, dass die Micrococcusschwärmer in die jungen Exsudatzellen der Croupmembranen eindringen, sich innerhalb derselben bewegen und deren Plasma verzehren; indess erhebt er für einzelne Fälle selbst Zweifel an die Richtigkeit dieser Beobachtung. Da Oertel in den mycologischen Theilen seiner Arbeit durchaus auf Hallier fusst, so muss ich dahin gestellt sein lassen, ob die diphtheritischen Micrococcusschwärmer wirklich einem beweglichen Zustande der Kugelbacterien entsprechen, oder fremdartige Gebilde (Stäbchen- oder Fäulnissbacterien) darstellen. In dem Blut der erkrankten Thiere fand Oertel stets ausserordentlich zahlreiche, bewegliche Körperchen, der Zeichnung nach Stäbchen-Bacterien.

Die Hauptbedeutung der Oertelschen Untersuchungen liegt in dem Nachweis, dass durch die Micrococcus-Colonieen alle Gewebe, auch die Muskelfasern, welche sie überspinnen und durchwuchern, degenerirt und zerstört werden; die Pilzwucherungen verbreiten sich insbesondere über die Schleimhaut der Trachea, belagern die Zellen, dringen namentlich in die jungen Exsudatzellen ein, und führen durch ihr Verhalten eine allmähliche Auflösung derselben herbei; sie erfüllen die Saftcanälchen und Lymphgefässe, und bewirken auf mechanische Weise eine Aufstauung der abströmenden Gewebsflüssigkeit, die zu serösen Exsudaten führen muss; indem sie die Capillargefässe verstopfen, bewirken sie auch Stauung in der Blutcirculation, welche hochgradige Ernährungsstörungen in den Wandungen der Capillaren, und selbst Zerreissen derselben hervorruft. Ebenso sind in hochgradiger Erkrankung ungeheure Massen von Pilzen in den Harnkanälchen und Malpighischen Knäueln der Nieren angehäuft, was eine allgemeine Erkrankung dieser Organe zur Folge hat; der Harn ist ausserordentlich reich an diesen Pilzen und scheidet dieselben aus dem Organismus aus. Die Diphtherie tritt zwar in der Regel zunächst in den Schleimhäuten der Trachea auf, weil diese dem Angriff der Micrococcuskeime, die ohne Zweifel durch die Luft übertragen werden,

zunächst ausgesetzt sind; aber die Versuche von Oertel an Thieren haben gezeigt, dass durch Impfung der mit Micrococcusballen inficirten Exsudate in subcutanen oder offenen Wunden der verschiedensten Körpertheile ausnahmslos eine diphtheritische Erkrankung erregt wird.

Die Diphtherie ist nicht ein lokaler Erkrankungsprozess, wenn sie auch mit einem solchen beginnt; sondern sie ist eine allgemeine Infectionskrankheit, welche vom Infectionsherd sich radienförmig über den ganzen Körper ausbreitet und alle Zeichen einer Blutvergiftung trägt. Das Gift geht aber aus von einem Contagium, dessen Träger, wie die Impf-Versuche zeigen, die Micrococcuszellen sind; die Wirkungen dieser Organismen sind specifisch verschieden von dem gewöhnlichen Fäulniss-Ferment, da Impfungen mit fauligen Stoffen nie im Stande waren, diphtheritische Erscheinungen hervorzurufen. Croupöse Entzündungen in der Luftröhre kann man allerdings auch künstlich durch Eintröpfeln von ein Paar Tropfen Ammoniak herbeiführen; in diesem Falle fehlen alle jene furchtbaren Zerstörungen, welche die Diphtherie als allgemeine Infectionskrankheit charakterisiren und die dem Virus des Micrococcus zugeschrieben werden müssen. Durch Eliminiren der Micrococcuszellen im Harn wird ein allmählicher Heilungsprozess eingeleitet.

10. Micrococcus septicus (Microsporon septicum Klebs).

Unter diesem Namen fasse ich eine Anzahl von Kugelbacterien zusammen, welche in den letzten zwei Jahren insbesondere durch Leyden, Jaffé, Traube, Buhl, Waldeyer, Recklingshausen, Klebs, Orth in verschiedenen putriden Erkrankungsfällen beim Menschen nachgewiesen worden sind. Am exactesten untersucht ist der Einfluss dieser Organismen als Krankheitserreger bei Pyaemie, und Septicaemie, so wie bei den als *Mycosis intestinalis* bezeichneten Krankheitsformen. Klebs fand in den Wundsecreten kleine rundliche Zellen von 0,5 Microm. bewegungslos in Haufen dichtgedrängt aneinanderliegend, oder zu rosenkranzförmigen Fäden vereinigt. Dieselben Organismen in Zoogloeaform siedeln sich auch in dem Granulationsgewebe und den ulcerirenden Knorpeln an (Zur pathologischen Anatomie der Schusswunden. Leipzig 1872); er bezeichnet sie als *Microsporon septicum,* ein Name, der jedoch, wie Steudener, dessen Zusammenstellung ich hier benutze, (Pflanzliche Organismen als Krankheitserreger, in Volkmann, Sammlung klinischer Vorträge No. 38 30. Mai 1872) mit Recht bemerkt, darum unzulässig ist, weil mit dem Namen *Microsporon* bereits ein definirter Hautparasit *(Microsporon furfur* Gruby) belegt worden ist. Indem diese Gebilde in die Safträume des Bindegewebes eindringen, erregen sie Entzündung und

Eiterung, im Knochenmark traumatische Osteomyelitis; in die Gefässe eindringend verstopfen sie dieselben, oder gerathen in den Blutstrom und werden an Stellen abgesetzt, wo der Blutstrom ruhiger ist; überall erzeugen sie Entzündung, Eiterung und Abscessbildung; sie erregen durch ihre Vegetation, oder ein in ihnen enthaltenes Ferment chemische Umsetzungen in den Wundflüssigkeiten oder dem Blut, deren Product die fiebererzeugende Wirkung, von der eigentlichen Fäulniss durchaus verschieden ist. Das Experiment bestätigt die contagiöse Wirkung der Organismen. Durch Thoncylinder abfiltrirt hat die Wundflüssigkeit ihre vergiftende Wirkung verloren. Dieselben Organismen fand Klebs auch in septicaemischen Prozessen. Uebereinstimmend sind die Beobachtungen von Recklingshausen über die miliaren Eiterheerde bei Pyaemie, Typhus und anderen Krankheiten, welche lediglich durch Bacterien veranlasst werden. Klebs erwähnt allerdings auch bewegliche kuglige, sowie stäbchenartige Körper von oscillirender Bewegung, oder bewegungslos zu langgliedrigen Fäden aneinandergereiht, doch weist bereits Orth (über Vorkommen des *Microsporon septicum* bei septischen Fieberkrankheiten) die Betheiligung der Fäulniss- oder Stäbchenbacterien an den septicaemischen Prozessen zurück, und schreibt ausschliesslich dem *Microsporon* die pathogene Wirkung zu, welches unzweifelhaft zu den Kugelbacterien gehört.

In einem Falle von epidemischen Puerperalfieber erhielt ich selbst durch meinen Freund, Professor Waldeyer, ganz frische gelbliche Flüssigkeit aus einer wenige Stunden vorher verstorbenen Patientin und überzeugte mich, dass das Serum ganz und gar erfüllt war von zahllosen kugligen, einzeln, paarweise oder in Rosenkranzketten verbundenen Kugelbacterien, während Stäbchenbacterien noch gänzlich fehlten. Waldeyer hat ausserdem die Bildung von Bacteriencolonien in allen Blut- und Lymphbahnen des Körpers bei *Mycosis intestinalis* als den wahrscheinlich einzigen Grund des rasch, unter choleraähnlichen Symptomen erfolgenden Todes, beobachtet. Eine mehr harmlose Rolle spielen nach Waldeyer (Bericht der medizinischen Section der Schles. Gesellschaft vom 4. Aug. 1871) die Bacterien als Grundlage von Concrementen; ich habe mich davon überzeugt, dass im Weinstein kranker Zähne die Fäden der *Lepthotrix buccalis* dicht mit Zoogloeamasse von Kugelbacterien übersponnen sind.

11. Micrococcus bombycis (*Microzyma bombycis* Béchamp). In Bezug auf diese Körperchen kann ich mich, da ich sie selbst nicht studirt, nur auf die Untersuchungen von Pasteur beziehen; dieser zeigte in einer Reihe von Aufsätzen, die seit 1868 in den Comptes

rendus der Pariser Akademie erschienen (vgl. insbesondere LXVI. p. 1289), dass in Süd-Frankreich seit den letzten Jahren eine äusserst verderbliche Epidemie unter den Seidenraupen grassirt, welche ganz verschieden ist von der *Muscardine* (durch *Isaria Bassiana)* und der *Gattine* (durch *Panhistophyton ovale = Nosema Bombycis)*; die daran verstorbenen Thiere werden als Morts flats oder Morts blancs bezeichnet. Die Ursache der Erkrankung ist ein ferment en chapelet, ähnlich dem auch in anderen Fermentationen gefundenen, aus 2, 3, 4, 5 und mehr aneinandergereihten Kügelchen von 1 Mikrom. Durchmesser bestehend, die sich neben Monaden, Vibrionen und Bacterien in grosser Zahl, insbesondere im Darm der kranken Raupen, nicht aber in den gesunden finden. Obwohl noch eine genauere Untersuchung wünschenswerth, so kann doch kaum gezweifelt werden, dass diese „corpuscules en chapelet" die Torulaform einer pathogenen Species Kugelbacterien sind.

Ich selbst beobachtete schon im Jahre 1858 bei einer Untersuchung der durch Panhistophyton charakterisirten Epidemie (Gattine), welche, unter den in Breslau gezogenen Seidenraupen ausgebrochen, die eine Zeit lang blühende schlesische Seidenzucht total vernichtet hat, dass im Blut und Darminhalt kranker Raupen neben und auch ohne Panhistophyton sich unzählige ausserordentlich kleine, einzeln, paarweis oder in 4—8gliedrigen Ketten gereihte kuglige Bacterien mit Molecular-Bewegung entwickelt hatten (wie Fig. 1). Auch in den durch *Tarichium megaspermum* erkrankten Erdraupen fand ich das Blut schwarz in Folge der Entwicklung zahlloser schwarzer Pünktchen ohne spontane Beweglichkeit, von denen ich unentschieden liess, ob es moleculare Fetttropfen, oder kuglige Bacterien seien; wenn das letztere, so haben wir es vielleicht mit einer Art zu thun, die gleichzeitig ein besonderes (schwarzes) Pigment entwickelt. Später erscheinen im Blut der getödteten Raupen auch echte Stäbchen-Bacterien. Vgl. meinen Aufsatz „über eine neue Pilzkrankheit der Erdraupen" (Heft I. dieser Beiträge p. 64).

Ueberblicken wir die Summe alles dessen, was ich über Kugelbacterien oder Micrococcusarten zusammengestellt habe, so ergiebt sich, dass diesen Organismen eine ausserordentliche Bedeutung zukömmt, ebenso vom chemischen und physiologischen Gesichtspunkt, als vom pathologischen; der letztere würde vielleicht noch verhängnissvoller hervortreten, wenn das bisherige Beobachtungsmaterial bereits in allen Fällen die Unterscheidung von Kugel- und Stäbchenbacterien gestattete. Es gilt dies namentlich von den verschiedenen Beobachtungen über das Auftreten von Bacterien bei Pyelo-Nephritis,

Typhus, Cholera, Scharlach, Masern, Tuberkeln, Rotz, Rinderpest, Lungenseuche u. s. w. Ich muss jedoch hier nochmals hervorheben, dass nach den von Pollender, Brauell und insbesondere von Davaine zuerst gemachten und durch Bollinger in neuester Zeit wiederholt bestätigten Beobachtungen eine der im höchsten Grade contagiösen Thierkrankheiten, der Milzbrand so wie die Pustula maligna des Menschen nicht von Kugelbacterien, sondern von unbeweglichen Fadenbacterien (sogenannten Bacteridien) veranlasst wird; wir sind daher nicht berechtigt alle pathogenen Bacterien ohne weiteres zu den Kugelbacterien zu rechnen.

6. Microbacteria, Stäbchenbacterien.

Die zweite Tribus der Bacterien bezeichne ich als *Microbacteria* oder Stäbchenbacterien; sie stimmen mit den Kugelbacterien in der Kleinheit ihrer Zellen und deren zeitweiser Vereinigung zu Gallert- oder Schleimmassen überein, unterscheiden sich jedoch, abgesehen von ihrer physiologischen Thätigkeit, durch die kurz-cylindrische Gestalt und die spontane Bewegung der Zellen.

Auch in dieser Tribus erkenne ich nur eine Gattung, die ich als *Bacterium* im engeren Sinne bezeichne.

Die zu dieser Gattung gehörigen Organismen bestehen aus kurz cylindrischen oder elliptischen Zellen, welche während der Quertheilung paarweise zusammenhängen; nach vollendeter Theilung trennen sich die Tochterzellen, wobei sie mitunter eine kurze Zeit noch im Winkel an einander hängen, selten beginnen die Tochterzellen sich schon wieder zu theilen, ehe sie sich isolirt haben, und dann sehen wir wohl vier Zellen in einer Reihe. Unter günstigen Lebensbedingungen, zu denen ausser hinreichender Nahrung insbesondere Sauerstoff gehört, sind sie sehr lebhaft spontan bewegt, doch so, dass Zeiten der Ruhe oft plötzlich mit beweglichen Zuständen abwechseln. Sie bilden keine Ketten oder Fäden, erscheinen also niemals, weder in der Form von Leptothrix, noch von Torula, wohl aber vegetiren sie verbunden in Gallertmassen (Zoogloeaform) die sich von den schleimigen Häuten und Ballen der Kugelbacterien, wie schon bemerkt in der Regel durch eine viel reichlicher entwickelte und festere Zwischensubstanz unterscheiden und daher auch nicht jenes feingekörnte Ansehen der Micrococcus-Schleimmassen zeigen (Tab. III. fig. 9 und 12). Die Stäbchenbacterien können ihrer Kleinheit wegen leicht einerseits mit freien Kugelbacterien verwechselt werden, andererseits mit einzelnen Gliedern der Fadenbacterien: ich bin jedoch überzeugt, dass sie selbstständige Organismen sind, die weder aus jenen entstammen, noch

zu diesen sich weiter entwickeln. Sehr schwer ist es die Arten der Stäbchenbacterien zu unterscheiden, und ich vermuthe, dass die Zahl der Arten grösser ist, als bisher bekannt. Auf gekochten Kartoffelscheiben vegetiren z. B. auch Schleimmassen von Stäbchenbacterien von charakteristischer spindelförmiger Gestalt.

Ehrenberg zählt in seinem Infusorienwerk von 1838 drei Arten von Bacterium auf; acht früher aufgestellte Arten werden eingezogen, doch auch die drei beibehaltenen Arten lassen sich nicht wieder erkennen; zwei, *Bacterium Punctum* und *B. Enchelys* sind nur in Russland gefunden, und von Ehrenberg selbst mit einem ? versehen; die dritte, *Bacterium triloculare,* in der Oase des Ammon und Berlin beobachtet, mit einer früher als *B. articulatum* bezeichneten vereinigt, ist so unklar bestimmt, dass ich sie auf keine mir bekannte Form beziehen kann; sie soll einen deutlich wirbelnden Rüssel, und einen 3 bis 5gliedrigen cylindrischen Körper von $\frac{1}{400}$ bis $\frac{1}{192}'''$ besitzen, eine Angabe, die zwar an sich nicht unmöglich, doch noch von keinem neueren Beobachter bestätigt worden ist.

Die von Dujardin ausser *Bacterium termo* noch aufgestellten Arten, *Bacterium Punctum* (Glieder verlängert, eiförmig 5 Mikrom. lang) und *Bacterium Catenula* (Glieder 3—4 Mikrom. lang, kettenförmig verbunden) sind nach Abbildung und Beschreibung so unvollkommen beobachtet, dass sie nicht wiederzuerkennen sind; von *Bact. Punctum* wird keine Abbildung gegeben. Ich unterscheide zwei Arten *Bact. Termo* und *Bact. Lineola.*

1. Bacterium Termo Ehr. 1830. Duj. Wir verdanken Dujardin die genauere Unterscheidung dieser Bacterien, als deren Charakter er angiebt: „Gestalt cylindrisch, Länge 2—3 Microm., Dicke $\frac{1}{2}$—$\frac{1}{5}$ dieser Grösse, oft paarweise verbunden, mit zitternder Bewegung.“ Diese Art erklärt Dujardin für das kleinste aller Infusorien „le premier terme en quelque sorte de la série animale;“ sie erscheint nach ihm in sehr kurzer Zeit in allen thierischen und pflanzlichen Aufgüssen, anfangs allein in unendlicher Zahl Schwärme bildend, und verschwindet, sobald sich andere Arten vermehren, denen sie zur Nahrung dient; sie findet sich von neuem im Uebermaass, sobald die Infusion zu stinkend wird, als dass andere Arten darin leben können. In den Abhandlungen der Berliner Akademie von 1830 hatte zuerst Ehrenberg ein *Bacterium Termo* aufgestellt, das er in Heuaufgüssen, Blutinfusionen etc., gefunden; in dem grossen Infusorienwerk von 1838 hat er dieselbe Art mit dem neuen Namen *Vibrio Lineola* Ehr. 1838 belegt, weil sie angeblich langsamer Schlängelbewegungen fähig ist. Dujardin erklärt sein *Bacterium Termo* auch für identisch mit der

Form, welche O. F. Müller in jedem stinkenden Aufguss nach 24 Stunden fand, und *Monas Termo* nannte, während Ehrenberg unter *Monas Termo* eine echte Monade aufführt. Die insbesondere von Dujardin gegebene Beschreibung und Abbildung von *Bacterium Termo* ist so charakteristisch, dass wir diese Art leicht überall wiedererkennen, obwohl die Grössenverhältnisse nicht unbedeutend zu variiren scheinen.

In meiner Abhandlung vom Jahre 1853 habe ich die Entwicklungsgeschichte von *Bacterium Termo* und insbesondere die traubig kuglige Gallertform ihrer Zoogloea abgehandelt, auf welche auch Perty in seinem Buche (die kleinsten Lebensformen etc. Bern 1852) aufmerksam gemacht hatte. (Tab. III. fig. 9). Die Bewegung von *Bacterium Termo* ist von der der übrigen Bacterien nicht wesentlich verschieden; die Zellen drehen sich um ihre Längsachse und schwimmen vorwärts, dann wieder ohne umzukehren ein Stück zurück, oder fahren auch in Bogenlinien durch das Wasser, in der Regel nicht sehr schnell, gleichsam zitternd oder wackelnd, doch auch mit plötzlichem Sprunge raketenartig dahinschiessend, bald um die Querachse gedreht, wie der Griff eines Bohrers, oft blitzschnell, wie ein Kreisel, dann wieder längere Zeit ruhend, um plötzlich auf und davon zu fahren. Wenn ein Infusorium Schwärme von *B. Termo* frisst, so sieht man dieselben in dessen Leibeshöhle sich munter fortbewegen.

Die Zellen des *B. Termo* (Fig. 8) sind kurz cylindrisch, oblong, der Inhalt je nach der Einstellung hell schimmernd oder schwärzlich, die Membran verhältnissmässig dick; bei gewöhnlicher Einstellung sehen sie daher aus, wie kleine ausserordentlich zarte dunkle Striche, die von einem hellen Rande (der Membran) eingefasst sind; fast immer findet man sie in mehr oder weniger vorgeschrittener Theilung, oder paarweise verbunden; dabei sind sie gewöhnlich nur etwa 1,5 Mikrom. lang und nur halb oder ein Drittel so breit, die Doppelzellen natürlich noch ein Mal so lang; in unzählbaren Myriaden erfüllen sie das Wasser, sobald in ihm Fäulnissstoffe vorhanden, mitunter so dicht, dass das Wasser in der That „zu einer lebendigen Gallert“ wird; sie vermehren sich überwiegend, so lange die Fäulniss fortschreitet, und verschwinden sobald die Fäulniss vorüber ist. Aus meinen eigenen und den übereinstimmenden Versuchen anderer Forscher, bin ich zu der Ueberzeugung gelangt, dass *Bacterium Termo* das Ferment der Fäulniss ist; in ähnlicher Weise wie Hefe das Ferment der Alcoholgährung etc., dass keine Fäulniss ohne *B. Termo* beginnt und ohne Vermehrung derselben fortschreitet; ich vermuthe sogar, dass die übrigen Bacterien, obwohl sie möglicherweise ebenfalls,

wenigstens zum Theil bei den Fäulnissprozessen mitwirken, doch dabei nur eine secundäre, begleitende Rolle ausüben, während *B. Termo* der primäre Erreger der Fäulniss, das eigentliche saprogene Ferment ist.

2. *Bacterium Lineola.* (*Vibrio lineola* Ehr. ex parte *Vibrio tremulans* Ehr. *Bacterium triloculare* Ehr. *Vibrio Lineola* Duj. *Vibrio Lineola* Müller.)

Unter dieser Bezeichnung verstehe ich die Stäbchen, welche dem *B. Termo* in allen Beziehungen ähnlich, aber bedeutend grösser und zwar nicht blos länger, sondern auch verhältnissmässig breiter sind, weshalb ich sie, zugleich mit Rücksicht auf ihr Vorkommen, nicht für eine Entwicklungsform von Termo halte. Ich finde sie in Brunnen- und anderem stehenden Wasser, auch wenn keine Fäulniss sich bemerkbar macht, aber auch in schleimigen Haufen auf der Oberfläche der Kartoffeln und in Infusionen verschiedener Art. Die Zellen sind deutlich cylindrisch, etwa vier Mal so lang, als breit, gerade, selten etwas gekrümmt und besitzen einen stark lichtbrechenden, weichen, mit fettartigen Körnchen reichlich durchsetzten und daher dunkelpunktirten Inhalt, ihre Länge beträgt 3,8 bis zu 5,25 Mikrom., die Breite bis 1,5 Mikrom (Tab. III. fig. 11). Sie finden sich einzeln oder paarweise aneinanderhängend, oft ein gekrümmtes Doppel-Stäbchen, ausnahmsweise auch zwei Doppelpaare, nie aber längere Fäden bildend; sie bewegen sich wie *B. Termo,* doch kräftiger, mit dem einen Ende zitternd, als ob sie eine Geissel hätten, oder in Bogenlinien umherschwimmend, abwechselnd nach vorwärts und rückwärts, dann wieder springen sie ein Stück weiter und setzen unmittelbar darauf ihre Kreisbahn fort, oder rotiren um einen fixirten Endpunkt gleich einem Kurbelarm. Auch *B. Lineola* bildet Zoogloeagallert von ähnlicher Form wie *B. Termo,* wie ich schon in meiner ersten Abhandlung von 1853 (Nova Acta l. c. p. 124) hervorgehoben und im ersten Hefte dieser Beiträge p. 129 genauer geschildert habe (Tab. III. fig. 12). Ich beobachtete an solcher Zoogloea, dass die in der wasserhellen ziemlich lockeren Gallert eingebetteten, unbeweglichen Stäbchen plötzlich anfingen sich zu drehen, mit dem einen Ende bohrende Bewegungen zu machen, und dann davon zu schwimmen; selbst in der Theilung begriffene Doppelstäbchen traten aus der Gallert und bewegten sich fort; sind die einfachen Stäbchen etwas gekrümmt, oder die Doppelstäbchen gekniet, so erregen sie beim Rotiren wohl den Anschein einer Schlängelung, welche Ehrenberg veranlasste, diese durchaus starren Zellen unter seine Vibrionen zu stellen. Ehrenberg bezeichnete dieselben anfangs als *Bacterium,* später als

Vibrio tremulans, deren Länge er auf $\frac{1}{288}'''$ = 7—8 Mikrom. angiebt, doch wird auch die Grösse von *Vibrio Lineola* zu $\frac{1}{300}-\frac{1}{1000}'''$ = 6—2 Mikrom. bestimmt, so dass er unter *V. Lineola* die kleinere Form von *B. Termo* mit der grösseren zusammenzuwerfen scheint. Ich habe deshalb mit Dujardin den schon von O. F. Müller gegebenen Namen *Lineola* für die grösseren Formen beibehalten, sie aber zur Gattung *Bacterium* als besondere Art gestellt; möglich übrigens dass noch verschiedene Formen von mir unter *B. Lineola* zusammengefasst werden, und dass insbesondere eine besonders grosse und elliptische Form als *B. tremulans* unterschieden werden könnte. Ob *B. Lineola* ein specifisches Ferment darstellt, ist nicht bekannt. —

Zu den echten Bacterien gehört nach der Ansicht von Hoffmann und Anderer auch das Ferment der Milchsäure. Pasteur, der Entdecker des Milchsäure-Ferment (ferment lactique, gewöhnlich, doch nicht correct, als Milchsäurehefe übersetzt) beschreibt dasselbe als petit végétal microscopique, als „champignon", mit kürzern, in der Mitte schwach eingeschnürten Gliedern, als seien zwei Punkte mit einander verbunden (articules à peine étranglés vers leur milieu (Compt. rend. de l'Ac. de Paris 18. Jan. 1864); die Abbildung (l. c. Fig. 12) stellt anscheinend *B. Termo* vor; doch finden sich auch Ketten von vier Gliedern, die auf eine Kugelbacterienform deuten. Meine Untersuchungen über das Ferment der Milchsäure sind nicht abgeschlossen. Verfolgt man das Sauerwerden der Milch unter dem Mikroskop, so hindern die in allen Grössen vorkommenden Butterkügelchen, so wie die Pseudobacterien der sich abscheidenden Caseinmolecüle jedes klare Bild; zeitig treten neben andern Organismen insbesondere Kugelbacterien und *B. Termo,* weit später in der Regel auch *Oidium lactis* auf. Stellt man eine Lösung von käuflichem Milchzucker (1 bis 2%) bei warmer Temperatur an die Luft, so wird sie innerhalb weniger, 3—4 Tage, auch ohne Zusatz eines Ferments, trübe und sauer; es entwickeln sich zahllose Bacterien *(Termo),* aber auch Mycelien, Hefearten und andere Gebilde, die schliesslich einen dicken, kreideartigen Absatz bilden. Es muss weiteren Untersuchungen vorbehalten bleiben, welches von diesen Organismen das eigentliche Ferment ist, durch dessen Thätigkeit sich der Milchzucker in Milchsäure verwandelt, und welche nur secundäre Begleiter sind; da beim Gerinnen der Milch eine grosse Menge verschiedenartiger Vorgänge mit oder nacheinander stattfinden, so ist der Antheil der einzelnen Fermente schwer festzustellen. Mir selbst fielen in sauerwerdender Milch insbesondere kuglige Zellchen auf, denen des Harnferment nicht unähnlich und, wie diese, in Rosenkranzketten aus 2, 4, 8 und mehreren Gliedern in Torulaform zusammen-

hängend. Eine am 20. Februar angestellte Milchzuckerlösung (2%) war am 24. Februar trübe, am 27. stark sauer geworden; ihr Absatz (Tab. III. Fig. 5) bestand hauptsächlich aus Häufchen kugliger, nach Art der Bierhefe oder rosenkranzförmig aneinanderhängender Zellen von 1,5 — 2 Mikrom. Durchmesser, neben Mycelfäden u. s. w. Pasteur giebt an, dass das Gerinnen der Milch in der Regel von der Milchsäure herrühre, welche durch das ferment lactique aus dem Milchzucker der Milch gebildet wird; aber auch alkalische oder neutrale Milch gerinne, wenn dieselbe mit „Vibrionen" in Berührung kommt, welche eine specifische, dem Lab analoge Wirkung auf das Casein äussern (Ann. Chem. et Phys. 1862 p. 58). Diese Vibrionen, welche durch Kochen nicht getödtet werden, wohl aber durch ein Erhitzen bis auf 105° C., halte ich für die Bacterien der Buttersäure *(B. subtilis).* Wenn sauer gewordene Milch nach längerer Zeit unter Fäulniss alkalisch wird, so entwickeln sich in ihr nach Hoffmann agile Bacterien (Bot. Zeit. 1869 p. 322).

Auch das eigentliche Ferment der Essigsäure ist botanisch nicht sicher festgestellt. Aeltere Beobachter z. B. Kützing beschreiben die „Essigmutter" als eine knorpliche Algengallert *(Ulvina aceti),* in welcher kuglige Zellchen in zahlloser Menge eingelagert sind. Pasteur bezeichnet das Essigferment als *Mycoderma aceti,* es besteht nach ihm aus kurzen (1,5 Mikrom.) in der Mitte eingeschnürten Gliedern, die doppelt so lang, als breit, rosenkranzförmig, oft zu langen Ketten verbunden sind und ein Häutchen an der Oberfläche bilden; das Essigsäure-Ferment ist nach Pasteur dem Milchsäure-Ferment sehr ähnlich, vielleicht mit ihm identisch, doch sind die Glieder des Milchsäure-Ferments gewöhnlich länger und minder regelmässig eingeschnürt. Gewöhnlich wird als Essighefe *(Arthrococcus)* jene eigenthümliche Form des Hefepilzes bezeichnet, deren baumartig verzweigte Zellen oblong oder cylindrisch gestreckt sind und die auf der Oberfläche sauer gewordener geistiger Flüssigkeit, insbesondere des Biers, schwimmen. Pasteur bildet diesen *„Arthrococcus"* (Compt. rend. 18. Jan. 1864. Fig. 2, 5) als eine Form der Weinhefe ab, die er *Mycoderma vini* nennt; er giebt an, dass dieselbe nicht an der Essigbildung betheiligt sei, vielmehr der Entwicklung des Essigferments entgegenwirke und das Bouquet des Weines entwickele. Auch Rees, der diese Hefe als besondere Species, Kahmpilz, *Saccharomyces Mycoderma,* beschreibt und abbildet (Botan. Untersuchungen über die Alcoholgährungspilze 1870), hält dieselbe an der Essigbildung höchst wahrscheinlich nicht betheiligt.

Ich finde, dass sauer gewordenes Bier sich in der ganzen Masse trübt und mit einem Häutchen bedeckt; die Trübung beruht, von

den ovalen *Sacharomyces* und den elliptischen Kahmpilz-Zellen abgesehen, auf der ungeheuren Vermehrung von elliptischen beweglichen Bacterien, welche dem *B. Termo* entsprechen (Fig. 8), doch etwas grösser, als die gewöhnliche Form, meist paarweise im Bogen zusammenhängen, seltener zu vier, wenn zwei eben getheilte Zellen bereits selbst wieder in Theilung getreten sind. Ihre Bewegung ist wie gewöhnlich, bald zitternd, bald rasch schwärmend, bald der Quere nach kurbelartig gedreht, oft so rasch wie ein Kreisel. Vermehrt sich die Essigsäure, so verlieren sie ihre spontane Beweglichkeit und zeigen nur Molecular-Bewegung. Diese Stäbchenbacterien erfüllen die ganze Flüssigkeit; ausserdem finde ich längere zu Leptothrixfäden gereihte Bacillusstäbchen, doch letztere nur vereinzelt. Das Häutchen an der Oberfläche besteht aus denselben Bacterien, die unbeweglich, in parallelen, geraden und gekrümmten Linien aneinander gereiht sind (Fig. 10); diese Form scheint Pasteur als *Mycoderma aceti* abgebildet zu haben. Ausserdem finden wir kuglige Zoogloeamassen, theils dicht erfüllt von den elliptischen Bacterien, theils einer Micrococcusart angehörig und aus runden Pünktchen gebildet. Auf jeden Fall erfordert das Essig- und Milchsäure-Ferment noch neue Untersuchungen.

Auch als chromogenes Ferment scheinen gewisse Stäbchenbacterien zu wirken. Wenigstens wird der Farbstoff der gelben und der blauen Milch seit Ehrenberg der physiologischen Thätigkeit von Bacterien (Vibrionen nach Ehr.) zugeschrieben; Schroeter (p. 120 und 124 dieses Hefts) bezeichnet dieselben als *Bacterium xanthinum* und *syncyanum*, die Bacterien, welche nach seinen Beobachtungen das Pigment des blaugrünen Eiter erzeugen, als *Bacterium aeruginosum* (l. c. p. 126).

7. Fadenbacterien, Desmobacteria.

Diese dritte Tribus der Bacterien umfasst zwei Gattungen, von denen die erste grade Fäden besitzt und von mir als *Genus Bacillus* unterschieden, die zweite wellig gebogene oder gelockte, welcher ich den alten, jedoch in einem andern Sinn aufgefassten Namen *Vibrio* beigelegt habe.

Alle Fadenbacterien bestehen aus verlängerten cylindrischen Gliedern, welche, wenn sie isolirt vorkommen, dem *Bact. Lineola* ähnlich sind, durch Quertheilung aber vermehrt, sich zu längeren oder kürzeren Ketten oder Fäden aneinanderreihen; diese Fäden sind jedoch nicht an den Gelenken eingeschnürt wie die Rosenkranzketten (Torulaform) der Kugelbacterien, sondern durchweg walzenrund, wie Oscilla-

rien, an die sie sich zunächst anschliessen; sie werden in diesem Zustand als Leptothrixfäden bezeichnet. Die Fadenbacterien bilden oft Schwärme, nie aber, wie ich schon in einer Abhandlung von 1853 (Nov. Act. l. c. p. 124) hervorgehoben, Zoogloea-Gallert; doch wechseln auch bei ihnen bewegliche und unbewegliche Zustände, je nach der Anwesenheit oder dem Mangel an Sauerstoff, der Reaction des Mediums und andern noch unerforschten Bedingungen; gewisse Arten scheinen nie bewegt zu sein *(Bacteridium* Dav.)

Auch bei den Fadenbacterien ist es schwierig, Grenzen zwischen den verschiedenen Formen zu ziehen und sie in distincte Arten zu vertheilen. Die Unterschiede, welche wir beobachten, beruhen theils in der Stärke der Fäden, die von der unmessbaren feiner Haarstriche bis zur messbaren Breite von circa 1,5 Mikrom. variirt, und in der Länge derselben, die von der Länge und der Zahl der zur Kette verbundenen Glieder abhängt; theils in der grösseren oder geringeren Flexilität, die bei einzelnen Formen ganz fehlt, bei andern sehr lebhaft ist und an die flexilen Beggiatoen erinnert; theils endlich in der graden Richtung oder mehr oder weniger wellenförmigen Biegung der starren Fäden. Die wellenförmigen Fäden sind es, welche bei ihrer Rotation um die Längsachse oft täuschend den Anschein fortschreitender Undulation oder der Schlängelung gewähren, und dadurch Ehrenberg veranlasst haben, diese optische Täuschung zum Charakter seiner Gattung *Vibrio* zu machen. Die wirklichen Biegungen, welche nur bei längeren Faden beobachtet werden, sind theils passive, theils spontane, aber, nur wie in den Oscillarienfäden, in unregelmässigem Wechsel den ganzen Faden krümmend und streckend, nicht aber die formbeständigen Wellen alterirend.

Wir unterscheiden zwei Gattungen:

a. Fäden grade: *Genus Bacillus.*

Fäden sehr dünn und biegsam: *Bacillus subtilis.*

Fäden dicker und steif: *Bacillus Ulna.*

Hierher gehören auch die Bacteridien des Milzbrands *(B. Anthracis),* die nach ihrer morphologischen Beschaffenheit sich an *B. subtilis* schliessen, wegen ihrer pathogenen Bedeutung und ihrer Unbeweglichkeit aber als selbstständige Art zu betrachten sind.

b. Fäden wellenförmig gebogen: *Genus Vibrio.*

Fäden dicker mit einfacher Biegung: *Vibrio Rugula.*

Fäden dünn mit mehreren Wellenbiegungen: *Vibrio serpens.*

a. Gattung *Bacillus.*

1. Bacillus subtilis (Vibrio subtilis Ehr.) Buttersäure-Ferment, *ferment butyrique* Pasteur.

Ehrenberg findet diese Art in der Ruhe ganz steif und grade (filis tenuissimis rectis), bei der Bewegung jedoch gradlinig schwimmend und dabei zitternd, wenn auch ohne schlangenartige Bewegung, was er von einer Verschiebung der angeblich kugligen Fadenglieder ableitet; die Länge wird auf $\frac{1}{36}'''$ (60 Mikrom.) die Dicke auf $\frac{1}{2000}'''$ angegeben, doch zeigt die Abbildung auch Stäbchen, die nur die Hälfte oder $\frac{1}{4}$ der Länge haben; Dujardin zieht den *Vibrio subtilis* unter die problematischen Arten, die er nicht für Thiere, sondern für Oscillarien hält.

Ich selbst finde die Ehrenbergsche Form als eine in Infusionen, meist zugleich mit *B. Termo* und anderen Bacterien sehr verbreitete, bei der Buttersäuregährung aber, und in anderen Verhältnissen, wo *B. Termo* sich nicht entwickelt, auch ausschliesslich vorkommende Art (Tab. III. Fig. 14).

Die Fäden sind sehr dünn und zart, so dass die Grenze der Gliederungen nicht leicht erkannt wird; nur bei der Quertheilung und beim Lostrennen der Stücke überzeugt man sich, dass die einzelnen Glieder in der Regel 6 Mikrom. lang sind; wir finden diese bald isolirt, und dann von denen des *B. Lineola* schwer zu unterscheiden; gewöhnlich aber Doppelglieder von 12 Mikrom., oder zu dreien (dann 16 Mikrom. lang), und in längeren Reihen; ich habe Fäden von 26, 40, 66 und selbst von 132 Mikrom. Länge gemessen; letztere mögen vielleicht aus mehr als 20 Gliedern bestehen. Die Dicke der Fäden ist nicht direct zu messen, so zu sagen haardünn; der Inhalt zeigt keine Körnchen. Die Fäden sind in hohem Grade, activ und passiv flexil, was ihren Bewegungen einen sehr eigenthümlichen Charakter giebt.

Sie schwimmen grade aus, mit abwechselnden Ruhepausen, bald mit einer gewissen Schwerfälligkeit, bald rasch und gewandt, als bemühten sie sich durch Hindernisse ihre Bahn zu finden, wie ein Fisch, der zwischen Wasserpflanzen seinen Weg sucht; dann bleiben sie eine Zeit lang still; plötzlich zittert der Faden und schwimmt zurück ohne umzudrehen, um bald darauf wieder nach vorn zu schwimmen. Dass sie sich beständig um ihre Achse drehen, ist allerdings bei den walzrunden Fäden eben so wenig direct zu sehen, als etwa die Rotation einer Mühlwelle, sie macht sich nur durch eine Art Zittern der Fäden bemerklich; wenn aber ein Glied behufs der Theilung eingeknickt, ist die Achsendrehung unzweifelhaft. In der Regel

jedoch machen die Faden scheinbare Pendelbewegungen um einen wechselnden Punkt in der Fadenlänge, wobei das vorangehende Ende, wie tastend einen kürzeren Bogen beschreibt als das hintere, das, weil es einen grösseren Kreis durchläuft, sich auch rascher bewegt und daher schwerer fixirt werden kann. Bei lebhafter Pendeldrehung wird der biegsame Faden in Folge des Widerstandes des Wassers passiv gebeugt; aber auch activ zeigen namentlich die längeren Fäden spontane flexile Beugungen, indem die beiden Enden sich etwas nähern, wie ein Stab, der sich zum flachen Bogen krümmt; dann schlägt sich der Bogen im Kreise nach der entgegengesetzten Seite; dann streckt er sich wieder grade; in sehr langen Fäden folgen mehrere Biegungen hintereinander in weiten Wellen, wie die vom Winde bewegten Aehren im Kornfeld; echte kurze Schlängelung kommt nicht vor. Beobachtet man die Fäden längere Zeit unter dem Deckglas, so werden die Bewegungen langsamer, durch längere Ruhepausen unterbrochen, ohne doch ganz aufzuhören.

Schon oben habe ich die Vermuthung ausgesprochen, dass bei dieser Art die Bildung von ölhaltigen Dauerzellen oder Gonidien in den Fäden vor sich gehen könne, und dass diese kugligen oder ovalen Gonidien beim Keimen zu jenen beweglichen geschwänzten Formen sich entwickeln möchten, welche ich unter Fig. 13 Tab. III. abgebildet habe?

Pasteur beschreibt das von ihm entdeckte Ferment der Buttersäuregährung als lange dünne bewegliche Vibrionen, die ihre Körper beugen können (effort, qu'ils paraissent faire volontairement au moment de la reproduction); seine Abbildung (Compt. rend. 18. Jan. 1864 Fig. 14) zeigt deutlich erkennbar unseren *B. subtilis*. Dass in der That diese Art bei der Buttersäuregährung betheiligt ist, habe ich, noch ehe ich Pasteur's Abbildung kannte, aus der Thatsache geschlossen, dass bei Lupinen und Erbsen, welche mit destillirtem Wasser in einem zugeschmolzenen Glas-Kölbchen bis auf circa 80° erhitzt wurden, und in Folge dieser hohen Temperatur, durch welche *B. Termo* in der Regel getödtet wird, und des Luftmangels in Buttersäuregährung übergingen, ausschliesslich *B. subtilis* und kein *B. Termo* sich entwickelte, wie ich später noch nachweisen werde.

Pasteur erwähnt auch in seiner Abhandlung über *Generatio spontanea* (Ann. de Chem. et de Phys. 1862 p. 60), dass gekochte Milch sich nach einigen Tagen mit kleinen Vibrionen füllt, die er als eine Varietät des *B. Lineola* bezeichnet, die aber nach der Abbildung unser *Bacillus subtilis* sind; sie wurden erst durch eine Temperatur von 105° getödtet.

Auch die von Rindfleisch in seinen „Untersuchungen über niedere Organismen“ (Virchow's Archiv Bd. 54. 1872) erwähnten und auf Tab. XVIII. fig. 2—5 abgebildeten Bacterien, deren längere Fäden, wie ich glaube mit Unrecht, derselbe von der Verschmelzung mehrerer anfänglich getrennter Glieder ableitet, halte ich für *B. subtilis;* die nämliche Art hat Hoffmann (l. c.) unter Fig. 5 abgebildet, ohne sie von *B. Termo* zu trennen.

2. *Bacillus Anthracis.* Die Bacteridien des Milzbrandes sind zwar von mir selbst nicht untersucht worden; die von Davaine gegebene und auch von dem neuesten Bearbeiter Bollinger (Medizin. Centralblatt 29. Juni 1872) bestätigte Beschreibung zeigt jedoch, dass sie abgesehen von Vorkommen und Fermentwirkung, sich kaum von *B. subtilis* unterscheiden. Davaine beschreibt dieselben als steife Fäden von 4—12, ja bis 50 Mikrom. Länge und fast unmessbarer Breite, nur selten leicht gekrümmt oder gekniet; Bollinger giebt an, dass sie frisch ungegliedert und homogen scheinen, dass man aber bei geeigneter Methode Hülle und Plasma unterscheiden und die Gliederung der Stäbchen in kurz cylindrische Zellen erkennen kann, letztere kommen auch isolirt vor, und stellen die Bacterien-Keime dar; von anderen Bacterien sollen sie sich wesentlich durch eine grössere Gleichmässigkeit der Form und durch ihre Unbeweglichkeit unterscheiden; doch ist letztere auch bei *B. subtilis* zeitweise wenigstens, und unter Umständen gewiss auch dauernd vorhanden.

3. *Bacillus Ulna.* Unter diesem Namen bezeichne ich die steiferen und dickeren Kettenfäden, die durch ihr dichtes feinkörniges Plasma sich unmittelbar an die Oscillarien-Gattung *Beggiatoa* anschliessen und nur durch die kurzen stabförmigen, leicht in kürzere Glieder zerbrechenden Fäden sich unterscheiden (Tab. III. fig. 15.)

Ich beobachtete solche, durch ihre Dicke auffallende Gliederstäbe, theils zerstreut unter anderen Arten, theils und zu Zeiten vorherrschend oder ausschliesslich; so trübte sich zum Beispiel am 21. Nov. 1871 das Wasser (10 gm.) in einem Reagenzglas, welches zwei Tage vorher auf gekochtes Hühnereiweiss gegossen und noch einmal mit diesem aufgekocht, seitdem aber offen stehen geblieben war; die Trübung rührte her von zahllosen Stäben, welche lebhaft und kräftig bewegt, aber steif und wenig flexil, eine distincte Membran und ein dichtes Protoplasma mit dunklen Körnchen deutlich unterscheiden liessen; die einzelnen Glieder waren 10 Mikrom. lang und gegen 2 Mikrm. breit, sie bildeten gerade oder zickzackartig gebrochene Ketten von 2—4 Gliedern, welche deutlich abgesetzt waren; die viergliedrigen Ketten hatten demnach eine Länge von 42 Mikrom. und zeigten um so

wunderlichere Bewegungen, als nicht nur der gesammte Faden rotirte, sondern auch die einzelnen Glieder, indem sie sich zu trennen suchten, an den Gelenken divergirende Bewegungen vollzogen. Schon am 26. Nov. waren alle todt und lagen am Boden in Häufchen, in den zersetzten Fäden traten grössere Tröpfchen hervor; an ihrer Stelle vermehrte sich nun im Wasser *B. subtilis*. Andere gleichzeitig hingestellte Gläser mit gekochtem Eiweiss entwickelten zwar auch Bacterien, aber keine von dieser riesigen Bacillusform.

Ehrenberg giebt von *„Vibrio Bacillus“* an, dass die Stäbchen langsam fortgleiten, ohne sich zu schlängeln, sich aber zuweilen etwas, doch nie lebhaft schlängeln; ich selbst halte dies für unmöglich. Die Länge der Stäbchen wird von Ehrenberg auf $\frac{1}{24}'''$ (80 Mikrom.), die Dicke auf $\frac{1}{1440}'''$ angegeben; Dujardin, der unseren *V. subtilis* nicht davon unterscheidet, giebt nur die Hälfte dieser Dimensionen an. Von einer Zusammensetzung aus kugligen Gliedern, die Ehrenberg erwähnt, konnte ich nichts wahrnehmen.

b. Gattung *Vibrio char. emend.*

Die beiden hierhin gestellten Arten sind durch die formbeständigen Wellenbiegungen der Fäden charakterisirt, welche bei der Rotation den Anschein der Schlängelung hervorrufen und bilden daher den Uebergang zu den Schraubenbacterien oder Spirillen.

1. Vibrio Rugula. Die Fäden dieser Art sind 8—16 Mikrom. lang, mit feinpunktirtem körnigem Inhalt, und weichem dichten Protoplasma; sie sind fast noch einmal so dick wie *Bacillus subtilis,* und unterscheiden sich noch besonders dadurch, dass sie stets schwach aber deutlich (oder ≀ förmig gebogen sind, meist derart, dass der Faden in der Mitte wie ein Violinbogen eine flache Curve zeigt, während die Enden fast grade sind (Tab. III. Fig. 16). Wenn der Faden langsam um die Längsachse rotirt, so macht er den Eindruck eines in Bewegung gesetzten Centrumbohrers; bei sehr rascher Drehung ist er scheinbar grade und dann mit *B. subtilis* zu verwechseln, sobald aber die Geschwindigkeit etwas nachlässt, sieht man die Biegung gleichzeitig nach beiden Seiten, als befinde sich eine Anschwellung in der Mitte (Fig. 16*), wie sie auch von Dujardin (unter *Lineola)* beschrieben wird; der Eindruck häufiger Schlängelung mit mehreren kurzen Biegungen entsteht, wenn gleichzeitig rasches Vorwärtsschwimmen stattfindet, und daher der Eindruck mehrerer Ortslagen simultan empfunden wird. Die kleinsten Stücke dieses *Vibrio* besitzen bereits eine schwache Bogenkrümmung, ich maass Längen von 8, 9.6, 10.4, 14.4, 17.6 Mikrom.; die letzteren waren in der Theilung begriffen,

die Doppelstäbchen oft im Winkel gekniet, mit selbstständiger Bewegung der beiden Hälften. Längere kommen nicht vor; wohl aber kürzere Formen, die sich besonders rasch der Quere nach wie eine Kurbel drehen oder der Länge nach wie ein behender Aal dahin schwimmen; sie zeigen die Form eines S und eine Welle auf etwa 5 Mikrom. Länge. *Vibrio rugula* vereinigt sich in zahllosen Schwärmen, die sich unter einander verfilzen, und die schon Müller mit Bienenschwärmen verglich; die abgestorbenen Stäbchen bilden Häute. Leeuwenhoek entdeckte vermuthlich diese Art im Zahnschleime und in den Fäces bei einer Diarrhoë (animalcula ad instar anguillarum), Ehrenberg, der sie genauer beschreibt, bemerkt, dass sie leicht mit *Bacillus* zu verwechseln sind, (wenn der Bogen sich in eine Ebene projicirt, oder in Folge sehr rascher Rotation wie ein solider Cylinder aussieht), er giebt die Grösse der Stäbchen auf $\frac{1}{96}$—$\frac{1}{48}$‴, unterscheidet sie jedoch nicht von der folgenden Form. Dujardin giebt an, dass die Art 5—8 inflexions zeigte, was auch nur von der folgenden gilt; und dass sie sich abwechselnd zusammenschraubt und einbiegt (resserre et infléchit son corps), was jedoch nicht der Fall ist.

2. *Vibrio serpens* (Tab. III. Fig. 17) unterscheide ich nach dem Vorgange von O. F. Müller dadurch von *V. Rugula,* dass letzterer in jedem Gliede eine einzige oder $1\frac{1}{2}$ Biegungen zeigt, während die fast um die Hälfte dünneren, nicht flexilen, lockenähnlichen Fäden von *V. serpens* mehrere flache regelmässige formbeständige Wellenbiegungen (in der Regel 3—4) besitzen, bei ihrer Rotation daher entweder 3 oder 4 scheinbare Undulationen oder, bei rascherer Drehung, ebenso viele Anschwellungen zeigen; die kürzesten Glieder sind noch in doppelter Welle gebogen, doch finden wir auch Ketten von 2—4 mitunter geknieten Stücken, die demnach auch eine beträchtlichere Länge und viele Wellen zeigen; ich maass gelockte Fäden von 11.5, 13, 15.6, 19.5, 20.8, 25.7 Mikrom., die Distanz zwischen zwei Wellen beträgt 5—6 Mikrom. Dujardin giebt 23—26 Mikrom. oder 10—15 Wellen an.

Die Bewegung ist, abgesehen von den scheinbaren Undulationen, mit der von *subtilis* übereinstimmend; einen sonderbaren Anblick gewähren Schwärme (Fig. 18) von Millionen dieser Wellenfäden, die sich unter einander verfilzen und wieder entwirren; auch bilden dieselben manchmal lange Stränge, wo unzählige zitternde Stäbchen fast parallel nebeneinander gedrängt sind.

8. Schraubenbacterien, Spirobacteria.

Die vierte Tribus der Schraubenbacterien schliesst sich innig an *V. serpens,* der sogar vielleicht besser zu ihr zu stellen ist; sie unterscheidet sich äusserlich von unserer Gattung *Vibrio* durch die dichter und enger gewundene, regelmässige, formbeständige Schraube des Fadens; hierzu kommt, dass ich bei einer Art, *Sp. volutans,* in den flexilen Geisseln eine Organisation beobachtet hatte, welche den übrigen Bacterien bisher fremd war, und die Abtrennung der mit solchen Bewegungsorganen versehenen Arten trotz der äusseren Uebereinstimmung erfordert. Allerdings habe ich diese Geisseln nur bei der grössten Art der Spirillen bis jetzt aufgefunden, doch stimmen die übrigen anscheinend so vollkommen mit dieser überein, dass der nämliche Charakter auch bei ihnen vermuthet werden darf; es muss allerdings der Zukunft überlassen werden, ob nicht, wie Ehrenberg stets behauptet hat, sich die Anwesenheit der Geissel auch noch bei den anderen Gattungen der Bacterien wird nachweisen lassen.

Die vier Arten der Schraubenbacterien, welche ich mit Ehrenberg unterscheide, sind sämmtlich leicht kenntlich; sie kommen gewöhnlich gesellig untereinander vor, doch kann ich mich nicht überzeugen, dass dieselben nur Varietäten oder Alterszustände einer einzigen Species seien. Soviel ich glaube, erscheinen die Spirillen nicht in allen, insbesondere nicht in künstlichen Aufgüssen, sondern nur in solchen, zu denen Flusswasser genommen, so dass ihre Keime nicht durch die Luft, sondern durch das Wasser verbreitet scheinen. Eine eigenthümliche Fermentwirkung ist bei ihnen nicht ermittelt.

Wir unterscheiden nach Ehrenberg zwei Gattungen der Schraubenbacterien:

a. *Spirochaete* mit flexiler und langer eng gewundener Schraube.
b. *Spirillum* mit starrer kürzerer und weitläufigerer Schraube.

a. Gattung *Spirochaete*

umfasst nur eine Art *Spirochaete plicatilis* (Tab. III. Fig. 22), welche ich in meiner Abhandlung von 1853 so ausführlich besprochen habe, dass ich hier nichts nachzutragen finde (l. c. p. 125 Tab. 15. Fig. 10). Sie hat von allen Spirillen die lebhaftesten Rotations- und Flexilitäts-Bewegungen, und ist ziemlich selten. Neuerdings habe ich die *Spirochaete* auch im Zahnschleim aufgefunden. Wunderlich ist die von Polebotnow und Wiesner („Mikroskopische Untersuchungen." Stuttgart 1872. p. 134) ausgesprochene Ansicht, dass *Sp. plicatilis* nichts anderes „als eine zarte spiralartige Gefässverdickung sei."

b. Gattung *Spirillum.*

1. Spirillum tenue (Fig. 19), schliesst sich in der Dünne der Fäden zunächst an *V. serpens,* und bildet, wie dieser, dichte Schwärme und eng gedrängte kugelige Haufen, in denen sie fast unbewegt in einander verfilzt sind; Ehrenberg hat mit gewohntem Scharfblick diese Art erkannt und kenntlich abgebildet: filamentis leviter tortuosis (légérement tortueuses) tenuissimis aufractibus saepe 3—4. Dujardin giebt an, *Sp. tenue* Ehr. sei um die Hälfte stärker als *Undula;* nach Ehrenberg's Text und Abbildung ist jedoch das Gegentheil der Fall. Dujardin vereinigt deshalb ohne Grund *Sp. tenue* mit *Sp. Undula;* seine Figuren zeigen jedoch nur die Form des *tenue.* Die charakteristische Schraubenbewegung der Spirillen ist bei dieser haardünnen Art, die ich Wochen lang zu Millionen in jedem Tropfen eines Aufgusses herumschwärmen sah, ganz besonders rasch, dass sie wie der Blitz hin und her zucken, und dem Beobachter kaum zum Bewusstsein kommen. Die Höhe der eleganten Schraubengänge beträgt 2—3 Mikrom., der Durchmesser derselben etwa eben so viel; der Faden zeigt mindestens $1\frac{1}{2}$ Windung und ist dann einem Häckchen oder ≀ oder Ω ähnlich; noch häufiger sind jedoch Fäden mit 2, 3, 4, 5 Windungen, daher die Länge 4 bis 15 Mikrom. beträgt.

2. Spirillum Undula (Fig. 20) unterscheidet sich durch stärkere Fäden mit etwas weiterer Windung; jeder Schraubengang hat 4 bis 5 Mikrom. Höhe und Durchmesser. Gewöhnlich finden sich Glieder von nur einer halben oder einer ganzen, selten von $1\frac{1}{2}$ bis 2, ja 3 Spiralwindungen; längere habe ich nicht beobachtet; die überaus rasche Bewegung gestattet kaum ein einzelnes Spirillum längere Zeit zu fixiren; meteorartig fahren sie durch das Gesichtsfeld; bald schnellen sie in ununterbrochenem Rollen dahin wie eine losgelassene Spiralfeder; dann mit dem einen Ende sich festhaltend, machen sie mit dem andern Kreisbewegungen wie eine um einen Faden gedrehte Schleuder; dann wieder sich losmachend schrauben sie sich nach einer anderen Richtung fort; bei langsamerer Drehung erhält man den Eindruck, als ob an den Enden Wirbel durch Geisselfäden erregt werden, doch konnte ich zu keiner Ueberzeugung gelangen. O. F. Müller und Ehrenberg haben *Sp. Undula* schon charakteristisch aufgefasst (filis valde tortuosis, brevibus validioribus, aufractu simplici vel sesquiplici Ehr.) Ehrenberg's *Vibrio prolifer* kann ich von *Sp. Undula* nicht unterscheiden.

3. Spirillum volutans (Fig. 21). Diese grösste der Spirillen (filis valde tortuosis, robustis et elongatis Ehr.), der Riese unter den Bacterien, ist ebenfalls schon von O. F. Müller und Ehren-

berg unterschieden, letzterer bildet die Form auch so charakteristisch ab, dass sie auf den ersten Blick wiederzuerkennen ist. Dujardin dagegen scheint *Sp. volutans* gar nicht beobachtet zu haben; denn er erwähnt zwar im Text eine Form dieses Namens, die er im Meerwasser, wie in Aufgüssen von Insecten und Conferven gefunden; seine Abbildung jedoch (Pl. I. Fig. 9) giebt durchaus nicht den Charakter der grossen Schraubenwindungen, sondern die zarten Spiralen von *Sp. tenue* wieder; sie ist, wie fast alle Bacterien-Zeichnungen von Dujardin, für das Wiedererkennen unbrauchbar.

Ich habe *Spirillum volutans* zuletzt seit dem 29. Juli dieses Jahres mehrere Wochen lang in einem Aufguss todter Süsswasserschnecken untersucht, in dem sich diese Art zugleich mit *Sp. tenue, Undula, Vibrio serpens* und *Rugula* ungeheuer massenhaft entwickelte, und durch Zufügung neuer Nahrung auch in steter Vermehrung erhalten hatte; es liess sich hierbei die Beständigkeit dieser, einander anscheinend so nahe stehenden Arten feststellen. *Sp. volutans* zeichnet sich nicht blos durch die bedeutendere Dicke seiner Faden aus, die zwar etwas variirt, doch 1,5 Mikrom. sicher erreicht so wie durch den dichten, dunkelkörnigen Inhalt, den bereits Ehrenberg bemerkt, sondern auch durch die weit und regelmässig pfropfenzieherartig gedrehte Spirale, deren Höhe 13,2 Mikrom., deren Durchmesser, aber nur die Hälfte, 6,6 Mikrom. beträgt. Eine Windung von *Sp. volutans* ist etwa gleich hoch wie drei von *Sp. Undula;* die Schrauben sind rechts gedreht. Ich habe mich bei dieser Art ganz besonders bemüht, die von Ehrenberg angenommene Gliederung (distincte articulata) wahrzunehmen, aber stets vergeblich; dagegen ist die Membran vom Inhalt zu unterscheiden. Die Zahl der Windungen ist in der Regel $2\frac{1}{2}$, 3—$3\frac{1}{2}$; selten finden sich doppelte Spiralen von 6 bis 7 Windungen. Mitunter sind ein Paar um einander gewunden, gleich den Schlangen des Caduceus. (Fig. 21*.) Die gewöhnliche Länge ist 25,4 Mikrom. bis 30 Mikrom.; bei horizontaler Lage der Schraube treten gewöhnlich zwei Wellenberge und die Anfänge eines dritten und vierten hervor. Die Theilung geschieht in der Mitte; jede der beiden Theilhälften, die auch isolirt vorkommen, hat $1\frac{1}{2}$ bis 2 Windungen und 20 bis 23 Mikrom. Länge.

Spirillum volutans liegt oft längere Zeit ganz unbeweglich; plötzlich fängt es an sich zu drehen und schreitet langsam schraubend vor und rückwärts, bald schiesst es mit lebhafter Energie schnell dahin, so dass man die Schraubendrehung kaum gewahr wird; mitunter erscheint die Spirale doppelt und gekreuzt, wenn nämlich der Eindruck verschiedener Lagen gleichzeitig auf der Netz-

haut empfunden wird; offenbar liesse sich die Rotationsgeschwindigkeit der Schrauben hieraus bestimmen. Bei langsamer Drehung erhält man den Anschein, als wachse das Vorderende unter den Augen, während das hintere scheinbar eingezogen wird; ich habe diese Verhältnisse bereits vor Jahren bei *Spirulina* erläutert (Nova Acta l. c. p. 129).

Bei solchen, ihren Ort wenig verändernden, nur langsam rotirenden und hin und her wackelnden Spirillen beobachtete ich an beiden Enden einen Wirbel, und entdeckte bei genauer Untersuchung einen langen Geisselfaden an jedem Ende, der peitschenartig hin und her geschleudert oder im Bogen wie ein Lasso umhergeworfen wird. Ich habe seitdem diese Geisseln an allen Exemplaren des *Sp. volutans* erkannt. Sie erinnern dadurch wie durch ihre allgemeine Form und Bewegung in merkwürdiger Weise an die Samenfäden der Bryophyten (Moose, Characeen) die man früher für einfache, spontaner Rotation fähige Spiralfäden mit 2—3 Windungen gehalten, bis Thuret an ihnen zwei Geisseln entdeckte. Doch befindet sich bei diesen Spermatozoiden das Geisselpaar am nämlichen Ende, das dadurch als das vordere bezeichnet und von dem hinteren geissellosen verschieden ist, während bei *Sp. volutans* Vorn und Hinten völlig gleich sind. In der Ruhe sind die Geisseln hackenförmig gekrümmt.

Kein früherer Beobachter hat die Geisseln bei *Sp. volutans* wahrgenommen; dennoch ist die Entdeckung nicht neu. Ehrenberg erwähnt in seinem Infusorienwerk von 1838 p. 43 ein lange räthselhaft gebliebenes Infusorium *(Ophidomonas jenensis)*, das er am 18. September 1836 bei Jena im Bassin eines Baches entdeckt und bis zum December in Berlin lebend erhalten hatte.

Eine Abbildung der *Ophidomonas* ist nicht gegeben, aber die Beschreibung des „steifen, pfropfenzieherartig gewundenen Körpers wie der durch Walzen um die Längsachse die optische Täuschung des Schlängelns bewirkenden Bewegung“, und die Dimensionen $\frac{1}{48}'''$ (40 Mikrom.) stimmen gut mit *Spirillum volutans*. Mit merkwürdigem Scharfblick entdeckte Ehrenberg an seiner *Ophidomonas* nicht blos die Körnchen (18—24, sogenannte Magenbläschen) sondern auch im Ruhezustand vorn einen deutlichen Wirbel, der von einem sehr feinen Rüssel verursacht wurde. Ehrenberg selbst unterscheidet *Ophidomonas* von *Spirillum* dadurch, dass letzteres, wie er sich ausdrückt, unvollkommene vielfache schiefe Quertheilung, das heisst einen gegliederten Faden besitzt, während der Körper von *Ophidomonas* in einem Panzer stecken soll und sich nur vollkommen theilt, d. h. die Hälften sich nach der Theilung trennen. Ich habe

mich in Folge dessen besonders bemüht, die von Ehrenberg bei *Sp. volutans* angegebene Gliederung der Fäden wahrzunehmen, aber trotz aller angewendeten Reagentien ohne Erfolg. Ich kann daher keinen Unterschied zwischen *Ophidomonas* und *Sp. volutans* finden und vermuthe, dass beide zusammengehören und Ehrenberg nur durch die Auffindung des „Rüssels" bei den Jenenser Exemplaren, den er bei den übrigen Spirillen übersehen hatte, zur Aufstellung der neuen Gattung veranlasst wurde. Vielleicht ist *Ophidomonas jenensis* eine eigenthümliche Species, da sie olivenbraun sein soll, während unser *Sp. volutans* farblos ist; Ehrenberg hat später sogar eine blutrothe *Ophidomonas (O. sanguinea)* entdeckt. Dass *Sp. volutans* Geisseln an beiden Enden besitzt ist sehr auffallend, selbst die aus der Theilung der Schraube hervorgehenden Hälften entwickeln bald die Geisseln an beiden Seiten. Obwohl der Gedanke nahe liegt, dass auch die kleineren Spirillen Geisseln besitzen, ist es mir doch nicht, vielleicht nur ihrer Kleinheit wegen, gelungen, dieselben wirklich wahrzunehmen; bei der provisorischen Natur unserer systematischen Kenntnisse über Bacterien schien es mir jedoch nicht rathsam, *Sp. volutans* von den übrigen Spirillen generisch abzutrennen.

So lange die Verfertiger der Mikroskope uns nicht wesentlich stärkere Vergrösserungen, wo möglich ohne Immersion, zur Verfügung stellen, finden wir uns im Reiche der Bacterien in einer ähnlichen Lage, wie der Reisende, der in einem unbekannten Lande in der Dämmerung umherirrt, wo das Licht nicht ausreicht, um die Gegenstände scharf und sicher zu unterscheiden, und wo er das Bewusstsein hat, trotz aller Vorsicht, sich vor Irrwegen nicht hüten zu können.

9. Verwandtschaftsbeziehungen der Bacterien.

Sind die Bacterien Thiere oder Pflanzen? Ein Ueberblick über die Literatur lehrt, dass die Bacterien früher einstimmig zu den Thieren, jetzt wohl von den meisten Naturforschern zu den Pflanzen gestellt werden. Einzelne bezeichnen nach Willkühr gewisse Bacterien als Infusorien *(Microzoaires)*, andere Arten, oder wohl auch die nämlichen Arten in anderen Zuständen, als Pilze *(Microphytes)*; Pasteur giebt sogar an, dass die Vibrionen als Thiere des Sauerstoffs bedürfen, während die nämlichen Organismen, so weit er sie für pflanzliche Fermente hält, ohne Sauerstoff vegetiren, gegen gewisse dieser Fermente der Sauerstoff sogar Gift sei.

Ich kann in Bezug auf diese Frage nur wenig den Schlussfolgerungen zufügen, welche ich schon im Jahre 1853 zuerst ausgesprochen habe (Nova Acta l. c. p. 130):

„Die Bacterien *(Vibrionien)* scheinen alle in's Pflanzenreich zu gehören, weil sie eine unmittelbare und nahe Verwandtschaft mit offenbaren Algen bekunden."

Dagegen haben die Bacterien keine Verwandtschaftsbeziehungen zu offenbaren Thieren. Das Thierreich beginnt mit den Infusorien, von denen die allermeisten, die *Infusoria ciliata* eine grosse Menge feiner Flimmercilien besitzen, während eine kleine Zahl, die einfachsten der ganzen Reihe, eine oder mehrere lange Geisseln führen *(I. flagellata).* Selbst die niedersten der *Infusoria ciliata* besitzen, von weiteren Organisationsverhältnissen abgesehen, einen Mund und eine Speiseröhre, durch welche sie feste Nahrung aufnehmen. Auch unter den Flagellaten haben viele Arten einen Mund, und weichen dadurch von allen Pflanzen ab; nur wenige Gattungen, die gewöhnlich zu den *Infusoria flagellata* gestellt werden, entbehren des Mundes (Euglena u. a.); diese werden besser mit den Pflanzen vereint. Ebenso wenig haben die Bacterien Beziehungen zu den Rhizopoden, welche einen besonderen höchst einfachen Typus thierischer Organisation repräsentiren.

Nur mit den Monaden könnte eine Verwandtschaft vermuthet werden; die Kugel- und Stäbchenbacterien lassen sich leicht mit kugligen oder elliptischen Monaden verwechseln; sollten die von mir bei Spirillum entdeckten Geisseln auch bei den eigentlichen Bacterien gefunden werden, wie Ehrenberg vermuthet hat, so müssten die mundlosen Arten der bisherigen Gattung *Monas* vielleicht unmittelbar mit den geisselführenden Bacterien vereinigt werden.

Die meisten Schriftsteller, welche die Bacterien zu den Pflanzen rechnen, bezeichnen sie als Pilze. Das ist richtig, wenn man unter Pilzen eben alle Zellenpflanzen oder Thallophyten zusammenfasst, welche des Chlorophylls, oder eines äquivalenten Farbstoffs entbehren und keine Kohlensäure assimiliren. Zu den typischen Pilzen jedoch, welche ein fädiges Mycel entwickeln, und sich entweder durch Basidiosporen oder durch Ascosporen fortpflanzen, haben die Bacterien keine Beziehungen.

Dagegen stimmen sie in ihrem gesammten morphologischen und entwickelungsgeschichtlichen Verhalten mit den Phycochromaceen überein, deren Zellen Phycochrom, d. h. ein Gemenge eines grünen Farbstoffs (Chlorophyll) mit einem blauen (Phycocyan) enthalten und daher in der Regel spangrün gefärbt sind. Die Phycochromaceen unterscheiden sich von den Bacterien nur dadurch, dass sie Kohlensäure assimiliren, und werden aus diesem Grunde zu den Algen gerechnet. Die Bacterien bilden den Anfang der Phycochromaceenreihe; sie sind

vermuthlich eine der ältesten Gestaltungen des organischen Lebens; sie vereinigen als eine Primordialform verschiedenartige Charaktere und stehen mit verschiedenen Familien der Phycochromaceen in verwandtschaftlicher Beziehung.

Die Kugel- und Stäbchenbacterien sind nächst verwandt mit den Chroococcaceen, jener Abtheilung der Phycochromaceen, deren Zellen isolirt vegetiren oder familienweise durch schleimige Intercellularsubstanz zu sogenannter Palmellengallert verbunden sind. Von den echten Palmellaceen unterscheiden sich die Chroococcaceen durch ihren Gehalt an Phycochrom.

Die nächste Verwandtschaft besitzen unsere Gattungen *Micrococcus* und *Bacterium* mit derjenigen Abtheilung der *Chroococcaceen,* bei welcher die Zelltheilung nur nach einer Richtung geschieht, während *Sarcina* sich an die *Chroococcaceen* mit kreuzweiser Zelltheilung *(Merismopedia)* anschliesst (vgl. Naegeli, einzellige Algen 1849 p. 56, Rabenhorst, Flora Algarum europaea vol. II. p. 6). Die Stäbchenbacterien entsprechen der Gattung *Synechococcus* (Cellulae oblongae, singulae vel 2—4 in familias seriatae) deren Arten auf feuchten Felsen blaugrüne Ueberzüge bilden, und ihrer Gestaltung nach vollständig mit *Bacterium* übereinstimmen; *Micrococcus* dagegen unterscheidet sich von *Chroococcus* nur durch die kleinen und farblosen Zellen. Die Zoogloeaartigen Gallert- und Schleimmassen finden wir in der Chroococcaceen-Gattung *Gloeothece (Aphanothece, Coccochloris)* in ganz übereinstimmender Weise. Doch ist bei letzteren ein Ausschwärmen aus der Gallert nicht beobachtet.

Gallertbildung ist übrigens ein bei niederen einzelligen Organismen häufiger Zustand, und insbesondere die Euglenen, welche gewöhnlich in lebhafter Bewegung im Wasser umherschwärmen, scheiden zu Zeiten durch Aufquellen ihrer Zellhäute einen Schleim aus, vermittelst dessen sie sich zu Gallertmassen oder schwimmenden Häuten *(Microcystis Noltii)* verbinden und bewegungslos, aber in lebendiger Zelltheilung, so lange verharren, bis sie von neuem, aus der Intercellularsubstanz tretend, ausschwärmen.

Die Fadenbacterien sind, wie ich ebenfalls schon 1853 ausgesprochen, so nahe mit *Oscillaria,* und zwar mit den farblosen Arten der Untergattungen: *Beggiatoa* (mit spontan beweglichen Fäden) und *Leptothrix* (mit unbeweglichen Fäden) verwandt, dass eigentlich, abgesehen von der Kürze der Fäden, keine wesentliche Scheidung zu bestehen scheint. Die graden *Bacillus* entsprechen der Normalform von *Oscillaria;* die welligen Stäbchen von *Vibrio* finden sich bei *Oscillaria terebriformis* und verwandten Arten wieder. Die

Gattung *Spirochaete* schliesst sich untrennbar an die kleineren *Spirulinen*; die Spirillen sind anscheinend nur kürzere Formen desselben Typus. Die Entdeckung der Geisseln bei *Sp. volutans*, welche dieselben an die *Flagellata* anreiht, macht allerdings die natürliche Stellung dieser Organismen wieder zweifelhaft, da keine Oscillarie Geisseln besitzt.

Der Hauptgrund, der so vielen Beobachtern es unmöglich macht, die Bacterien zu den Pflanzen zu stellen, ist die anscheinend willkührliche Bewegung. Dennoch ist nicht der geringste Zweifel, dass diese scheinbare Willkühr nur Täuschung ist. Der Begriff der Willkühr, welcher Empfindung, Bewusstsein, Ueberlegung und Wollen in sich fasst, setzt eine so complicirte psychische Thätigkeit voraus, dass von solcher bei diesen einfachen Organismen nicht die Rede sein kann. Welcher Art die spontane Bewegungskraft ist, welche die Bacterien gleich den Oscillarien und den Diatomeen, den Spermatozoiden und den Zoosporen, durch Rotation um ihre Längsachse dreht, und dadurch zugleich ihre Ortsveränderung inducirt, wissen wir nicht; aber davon sind wir überzeugt, dass dieselbe nicht in die Welt des „Willens und der Vorstellung," sondern in das „Reich des Unbewussten" fällt.

Es könnte die Frage entstehen, ob nicht die Kugelbacterien mit den Alcohol-Hefepilzen *(Sacharomyces)* verwandt seien. Die eigenthümliche Art der Zellenvermehrung von *Micrococcus*, welche die Rosenkranzförmigen Reihen (Torulaform) veranlasst, kann es zweifelhaft machen, ob hier wirkliche Zelltheilung, oder nicht vielmehr Sprossung vorliegt wie bei den Hefepilzen. Der mikroskopische Anblick allein entscheidet nicht. Die Rosenkranzfäden von *Nostoc* entstehen durch Theilung; die Sporenketten von *Aspergillus* oder *Penicillium* dagegen durch Sprossung. Die Micrococcuszellen sind zu klein, um unter dem Mikroskop den Vorgang der Zellenvermehrung klar zu verfolgen. Es giebt allerdings Hefe*(Sacharomyces)*arten, welche ganz ähnliche Pigmenthäufchen bilden, wie *Micrococcus*. Die Rosahefe, welche Schroeter (l. c. p. 110 Anmrk.) auf Kartoffeln beobachtet, ist zuerst von Fresenius auf Kleister entdeckt und als *Cryptococcus glutinis* bezeichnet worden (Beiträge zur Mycologie Heft II.); ich ändere den Namen nach neuerer Terminologie in *Sacharomyces glutinis*. Ich habe die Rosahefe sehr häufig in kleinen rosa Pünktchen von $\frac{1}{2}$ mm. Durchmesser bis zur Grösse von Mohnkörnchen auf gekochten Kartoffeln entstehen sehen. Durch Aussaat resp. Impfung vermittelst einer Nadelspitze lässt die Rosahefe sich leicht auf frische Kartoffelstücke verpflanzen, und wächst innerhalb drei Tagen zu schön rosen-

farbenen dicken, jedoch nicht schleimigen, sondern trockenen, im Wasser, wie Stärke, in die einzelnen Zellen zerfallenden Flecken von 1 □Cm. Fläche und darüber. Auch durch Aussaat auf chemische Lösungen (insbesondere weinsaures Ammoniak) konnte ich die Rosahefe constant vermehren; sie bildet hellrothe Ränder auf, und Absätze in der Flüssigkeit, und zeichnet sich durch kuglige oder ovale Zellen aus, die 4 Mikrom. im kürzeren, 5 Mikrom. im längeren Durchmesser erreichen und einen deutlichen Zellkern enthalten. Zusatz von Wasser verändert anfänglich die Zellen, indem es das Protoplasma contrahirt; später dehnt sich das Plasma in ihnen wieder aus; es bildet sich eine grosse, fast die ganze Zellhöhle erfüllende Vacuole, oder auch 2 bis 4 kleinere. Diese Hefezellen sprossen, wie schon Fresenius fand, auf gewöhnliche Weise, so dass zwei, selten mehr Kugeln durch Sprossung zusammenhängen; unter den grösseren finden sich auch weit kleinere Hefezellen; die Rosahefe reagirt alkalisch. Der rosa Farbstoff ist in frisch vegetirenden Hefezellen nicht wahrzunehmen; in vertrockneten Häufchen, wo die Zellen beim Befeuchten den ölartigen Zellkern deutlicher hervortreten lassen, erscheint dieser Kern schwach röthlich gefärbt; in die Flüssigkeit tritt das Pigment nicht über. (Tab. III. fig. 6.)

Wenn kleine Hefezellen constant nach einer Richtung, und nicht, wie gewöhnlich, an mehreren Stellen fortsprossen, oder wenn umgekehrt Kugelbacterien verzweigte Ketten bilden könnten, was ich jedoch nie gesehen habe, so würde eine Unterscheidung beider Formen, abgesehen von den Dimensionen, gewiss nicht ohne Schwierigkeit sein. Für jetzt halte ich jedoch die Aehnlichkeit von Sacharomyces und der Torulaform des Micrococcus nur für eine äusserliche; dass wie Hallier, Karsten, Lüders, Huxley und Andere wollen, Bacterien und Alcoholhefe in einen und denselben Entwicklungskreis gehören, widerspricht allen zuverlässigen Beobachtungen.

Nicht minder entschieden muss ich jeden Zusammenhang zwischen Bacterien und Schimmelpilzen in Abrede stellen. Als ich diese Untersuchungen begann, stellte ich es mir zur Hauptaufgabe zu prüfen, ob Bacterien ausschliesslich aus Keimen sui generis, oder ob sie, wie so vielfach behauptet wird, auch aus Penicillium und anderen Pilzen (als Micrococcusschwärmer) hervorgehen können. Meine Ergebnisse sind durchaus negativ, und in vollem Einklange mit dem, was seitdem Burdon Sanderson (The origin and distribution of Microzymes [Bacteria] in water and the circumstances which determine their existence in the tissues and liquids of the living body. Second Report concerning the intimate pathology of contagion, Appendix of

the 13 Report of the Medical officer of the Privy Council; abgedruckt in Quaterly Journal of the Microsc. Society Oct. 1871) und Manasseïn (in Wiesner, Mikroskopische Untersuchungen: über Beziehung der Bacterien zu Penicillium glaucum p. 129) bereits veröffentlicht haben. Abgesehen von den Ergebnissen vorurtheilsfreier mikroskopischer Untersuchungen, die niemals eine Entwicklung von Bacterien zu Mycelpilzen und umgekehrt entdecken lassen, geben auch zwei Experimental-Methoden in dieser Beziehung übereinstimmende und, wie ich glaube, entscheidende Resultate.

Die eine beruht auf der zuerst von Burdon Sanderson hervorgehobenen Erfahrung, dass in chemische Lösungen, die im Uebrigen zur Entwicklung der Bacterien durchaus geeignet sind, selten oder nie Bacterienkeime aus der Luft hineinfallen, auch wenn sie beliebige Zeit offen hingestellt werden, wohl aber Schimmelsporen; dass sich daher in dergleichen offen stehenden Lösungen nach einiger Zeit von selbst Schimmelpilze entwickeln, aber keine Bacterien. Es ist nicht nöthig, meine Versuche, die mir von selbst die obige Thatsache aufdrängten, ehe ich noch die Sanderson'sche Beobachtung kannte, hier einzeln aufzuzählen; sie gaben stets das nämliche Resultat. Wurde ein Reagenzcylinder sorgfältig ausgekocht, dann mit frisch gekochter Pasteurscher, oder mit der von mir gewählten und später zu beschreibenden Nährflüssigkeit zur Hälfte gefüllt, und dann im Heizkasten oder auch in freier Luft offen hingestellt, so erschienen oft selbst nach Monaten keine Bacterien, wohl aber in der Regel nach wenig Tagen oder Wochen Mycelien, die zuerst an der Oberfläche weisse, strahlige Flöckchen bildeten, und sich rasch vergrösserten und vermehrten; einzelne Flöckchen sanken bald unter oder setzten sich an den Wänden fest und vegetirten reichlich, fructificirten auch in der Luft (in der Regel *Penicillium*, in anderen Fällen *Aspergillus*, *Fusisporium* u. a. Schimmel). Warum aus der Luft keine Bacterienkeime in die Nährflüssigkeit hineinfallen, ist nicht leicht festzustellen; vielleicht sind die Bacterienkeime nicht reichlich genug in der Luft vorhanden, um jede Eprouvette zu besamen; noch wahrscheinlicher ist, dass dieselben zu leicht sind, um die Oberfläche der Flüssigkeit zu durchbrechen; vielleicht ist auch die Membran der Bacterienkeime schwer zu benetzen, so dass, wenn sie auch auf eine Flüssigkeit hinabfallen, sie nicht in dieselbe eindringen, sondern von den Luftströmungen wieder fortgeblasen werden (etwa wie Semen Lycopodii). Dagegen mögen die schwereren Schimmelsporen besser an der Oberfläche der Flüssigkeiten haften, rasch benetzt werden, und daher zur Keimung gelangen. Mitunter, wenn auch nach längerer Zeit,

entwickeln sich übrigens auch in chemischen Lösungen die Bacterien von selbst, d. h. durch nachträglich hinabgefallene Keime, die also vielleicht durch besondere Umstände, weil an Staubkörnern oder andern aus der Luft in die Flüssigkeit fallenden Körpern haftend, die oberste Flüssigkeitsschicht durchbrochen haben. Jedenfalls gelingt es leicht, längere Zeit Penicillium und andere Mycelien in einer Flüssigkeit zu cultiviren, ohne dass eine Spur von Bacterien sich entwickelt. Noch leichter ist das Entgegengesetzte; wenn man in ein Reagenzglas mit Nährflüssigkeit Bacterienkeime, ohne Schimmelsporen, oder Mycelfäden aussät, und den Glascylinder sodann durch einen Baumwollenpfropf gegen Luftzutritt verschliesst, so vermehren sich die Bacterien durch unbegrenzte Zeit, ohne dass jemals Mycel sich entwickelt. In dieser Beziehung sind meine Versuche, die ein Paar hundert Nummern zählen, völlig überzeugend; sie zeigen eben, dass wenn Bacterien gesät werden, sich nur Bacterien und keine Mycelpilze entwickeln, und umgekehrt durch Aussaat von Schimmelsporen nur Schimmelpilze wachsen, dass aber niemals der eine Organismus aus dem andern hervorgeht.

Eine zweite Methode beruht darauf, dass die Temperaturen, welche Schimmelsporen und Bacterien tödten, verschieden sind; oder vielmehr, dass unter Umständen Schimmelsporen in einer bestimmten Temperatur der Nährflüssigkeit sich länger lebendig erhalten, als Bacterien. Ich werde auf die Beziehungen der Temperatur zu den Bacterien noch später zurückkommen, und beziehe mich hier nur auf die von mir mehrfach constatirte Thatsache, dass in einem Kölbchen mit fäulnissfähigen organischen Substanzen, wenn dasselbe eine Zeitlang gekocht und sodann mit Baumwolle verstopft ist, sich nie Bacterien, wohl aber mitunter Penicilliummycel entwickelt. Ich gebe statt vieler nur ein Paar Beispiele.

Am 26. Mai 1871 kochte ich eine Erbse in einem Glaskölbchen mit etwa 10 G. destillirtem Wasser; unmittelbar nach dem Kochen wurde der Hals des Kölbchen mit Baumwolle verstopft. Zum Gelingen ist erforderlich, dass der Hals lang und in der Mitte wo möglich etwas eingeschnürt ist, damit die Baumwolle nicht leicht zufällig mit der Flüssigkeit in Berührung kommen kann; das Wasser blieb klar, die Erbse unverändert bis zum 28. September, wo ein weisses Penicillium-Mycel sich entwickelte, aber ohne Bacterien und ohne Fäulniss. Am 15. Juni wurde eine in Stücke zerschnittene Erbse in einem ähnlichen Glaskölbchen $\frac{1}{4}$ Stunde auf 80° erhitzt, dann der Kolbenhals, wie früher, mit Baumwolle verstopft; hier erschien schon am 24. Juni weisses strahliges Mycel im Wasser, das sich in Räschen

ausbreitete, am 30. Juni als Penicillium fructificirte; bis zum 7. August hatte sich das Penicillium immer weiter verbreitet und die Oberfläche mit schwärzlichem Sporenstaub bestreut, das Wasser aber blieb klar, bacterienfrei und die Erbsen unverändert und ungefault.

Es ist hier nicht der Ort zu ermitteln, ob die Penicilliumsporen höheren Temperaturen länger Widerstand leisten, als die Bacterien, oder ob die Penicillium-Sporen nachträglich aus dem Baumwollenpfropf hinabgefallen sind. Die Versuche von Hoffmann, die neuerdings von Manassëin mit besonderer Umsicht wiederholt worden sind, haben ergeben, dass befeuchtete Penicilliumsporen schon bei mässiger Erhitzung getödtet werden, trockene dagegen sehr hohen Temperaturgraden lange widerstehen, vermuthlich weil sie, als schlechte Wärmeleiter und durch die adhärirende Luft noch geschützt, diese Temperatur nur sehr langsam in's Innere eindringen lassen. Für das Verhältniss der Bacterien zu Penicillium kömmt es jedoch darauf nicht an; jedenfalls steht fest, dass sich keine Bacterien aus dem Penicillium-Mycel entwickeln, und überhaupt nicht in einer Flüssigkeit auftreten, wenn nur Penicillium-Sporen, nicht aber Bacterien-Keime absichtlich oder unabsichtlich ausgesät worden sind.

Aus alledem ergiebt sich, dass die Bacterien eine in sich abgeschlossene Gruppe von Organismen sind, die mit den Hefe- und Schimmelpilzen in keinem entwickelungsgeschichtlichen Zusammenhang stehen, die ihrer parasitischen Lebensweise wegen allerdings als Pilze bezeichnet werden können, obwohl sie sich von den typischen Pilzen durch den Mangel des Mycels und der Basidio- und Asco-Sporen wesentlich unterscheiden, und deshalb von Naegeli mit Recht zu einer selbstständigen Abtheilung *(Schizomyceten)* erhoben wurden; dass jedoch nach ihren morphologischen und entwickelungsgeschichtlichen Verhältnissen die Bacterien und die Schizomyceten überhaupt die nächste Verwandtschaft mit den als *Phycochromaceen* bezeichneten Algen besitzen. In meinem Versuch eines natürlichen Systems der Kryptogamen (Hedwigia 1872 No. I, Bericht der botanischen Section der Schlesischen Gesellschaft für 1871) habe ich deshalb die Bacterien sammt den übrigen Schizomyceten mit den Familien der Phycochromaceen *(Chroococcaceae, Oscillarieae, Nostoceae* etc.) in eine natürliche Ordnung unter dem Namen *Schizosporeae* verbunden.

10. Ueber die Ernährung der Bacterien.

Die Lehre von der Ernährung der Fermentpilze ist durch Pasteur in seiner Abhandlung über die Alcoholgährung (Ann. de Chem. et de Phys. LVIII. 1858, deutsch von Victor Griesmayer. Augs-

burg 1871) gegründet worden. Indem Pasteur an die Entdeckungen von Th. de Saussure und Liebig über die Ernährung der grünen Gewächse anknüpfte, und darauf weiterbaute, zeigte er, dass auch diese niedersten und kleinsten Pflanzen denselben Gesetzen unterliegen. Die Hefepilze bestehen aus denselben chemischen Verbindungen wie alle übrigen Pflanzen; sie enthalten eine Anzahl Aschenbestandtheile, unter denen Kali und Phosphorsäure die wichtigsten, dann Kohle, Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff. Sie können nur wachsen und sich vermehren, soweit ihnen diese Elemente als Rohstoffe dargeboten werden, um sich in ihren Zellen zu Bildungsstoffen umzuwandeln. Dass die Aschenbestandtheile für das Wachsthum der Hefepilze ebenso unentbehrlich sind, wie für grüne Pflanzen, ist eine der wichtigsten von Pasteur nachgewiesenen Thatsachen; Sauerstoff und Wasserstoff erhalten sie in Form von Wasser; vom Stickstoff hatte man geglaubt, er werde von den Hefepilzen in Form von Eiweissverbindungen aufgenommen; Pasteur zeigte, dass diese Pilze den Stickstoff assimiliren und zu Eiweissverbindungen (Protoplasma) verarbeiten, wenn er ihnen als Ammoniak geboten wird. Während man also bis dahin geglaubt hatte, dass diese Pilze sich in Bezug auf die Stickstoffaufnahme den Thieren gleich verhalten, welche weder den freien Stickstoff der Atmosphäre noch Ammoniak, sondern ausschliesslich organische Stickstoffverbindungen, insbesondere Albuminate assimiliren, zeigte Pasteur, dass die Hefepilze vielmehr mit den grünen Pflanzen übereinstimmen, insofern sie den Stickstoff in Form von Ammoniak aufnehmen können. Den Kohlenstoff dagegen nehmen die Hefepilze nicht wie die grünen Pflanzen, als Kohlensäure auf, da sie offenbar wegen des mangelnden Chlorophylls Kohlensäure nicht assimiliren können; der Hefepilz entnimmt vielmehr die Kohle, den Hauptbestandtheil seines Plasma wie seiner Zellhaut, aus dem Zucker; nach Pasteur wird sogar der Zucker direct in die isomere Cellulose und in die Fette des Hefepilzes umgewandelt, während ein anderer Theil des Zuckers sich wahrscheinlich mit Ammoniak verbinden kann, um die eiweissartigen löslichen und unlöslichen Bestandtheile der Hefezellen (das Protoplasma) zu bilden. Aus diesen Thatsachen schloss Pasteur, und bestätigte auf experimentellem Wege seine Folgerung, dass die Pilze der Hefe und anderer Fermente sich in einem Medium völlig normal entwickeln und vermehren können, welches besteht aus einem gährungsfähigen Stoff (matière fermescentible) und einer Anzahl zweckmässig gewählter krystallisirter Mineralsalze (Comptes rendus de l'Acad. des sciences 18. Dec. 1871.) Er hat diesen Satz mit schlagender Argumentation und mit Hülfe geist-

voller Versuche siegreich gegen die gewichtigen Bedenken von Liebig so wie auch gegen die flacheren Angriffe vertheidigt, welche gegen ihn durch Fremy im Schoosse der Pariser Akademie selbst im Anfange dieses Jahres gerichtet wurden.

Pasteur hat es nicht versucht, die von ihm in Bezug auf die Alcoholhefe festgestellten Thatsachen auch auf die von ihm zum Theil als Infusorien betrachteten Bacterien anzuwenden, insbesondere auf diejenigen, welche die Fäulniss veranlassen. Beschränken wir das Wort „Gährung" auf die Umwandlungen stickstofffreier organischer Verbindungen unter dem Einfluss von Ferment-Organismen, das Wort „Fäulniss" dagegen auf die analoge Zersetzung stickstoffhaltiger, insbesondere Eiweissartiger Körper, so scheint ein Unterschied zwischen beiden Klassen darin obzuwalten, dass bei der letzteren die Stickstoffverbindungen direct von den durch die Organismen eingeleiteten chemischen Prozessen afficirt werden, während sie bei den Gährungen nur indirect, als Nährstoffe der Fermentpilze, betheiligt sind. Wenn es daher begreiflich ist, dass die Hefepilze sich normal vermehren und Alcoholgährung erregen können in einer Flüssigkeit, welche neben Zucker nur Ammoniak und Aschensalze, aber keine Eiweissstoffe enthält, so könnte man vermuthen, dass die Bacterien der Fäulniss direct auf die Eiweissstoffe angewiesen sind.

Dies ist jedoch nicht der Fall, wie schon aus den von Pasteur gelegentlich gemachten Versuchen und Beobachtungen sich schliessen liess. Bacterien entwickeln und vermehren sich auch in Eiweissfreien Flüssigkeiten, welche den Stickstoff in Form von Ammoniak enthalten. In allen seinen Versuchen benutzte Pasteur die nämliche Mischung, welche heut unter dem Namen der Pasteur'schen Flüssigkeit allbekannt, aus 100 Gewichts-Theilen destillirtem Wasser, 10 Theilen reinstem Candiszucker, 1 Theil weinsaurem Ammoniak und der Asche von 1 Theil Hefe zusammengesetzt ist, deren Gewicht etwa 0,075 der Mischung beträgt. Pasteur machte bereits die Bemerkung, die sich bei der Wiederholung leicht bestätigt, dass, wenn man in diese eiweissfreie Flüssigkeit Hefe aussät, dieselbe oft nicht zur Entwickelung kommt, weil gewisse Infusorien (Bacterien) nebst verschiedenen Schimmelpilzen und Milchsäureferment sich von denselben Nährstoffen ernähren und indem sie im Kampf um's Dasein die Oberhand gewinnen, die Entwicklung des Alcoholferments mehr oder minder hindern. Schon Dujardin hatte 20 Jahre vor Pasteur beobachtet, dass sich eine Lösung von Zucker mit oxalsaurem und phosphorsaurem Ammoniak und Kochsalz, die also keine Eiweissstoffe enthielt, nach 10 Tagen mit einer weissen, ganz aus *Bacterium Termo*

gebildeten Haut bedeckt hatte; auch Süssholzzucker 15 G. mit oxalsaurem Ammoniak 10 G. und Regenwasser 100 G. hatte nach 5 Tagen eine trübe, ganz aus *B. Termo* bestehende Schicht an der Oberfläche gebildet (Histoire des Infusoires 1841 p. 214); in ähnlichen Mischungen entwickelten sich andere Bacteriumarten.

Eine Reihe der erfolgreichsten Versuche nach dieser Richtung hat Burdon Sanderson in seiner bereits citirten Arbeit bekannt gemacht; wenn er Bacterienkeime in Pasteur'sche Flüssigkeit aussäte, so wurde dieselbe in kurzer Zeit getrübt und mit Bacterien dicht erfüllt, ganz so wie das eine eiweissartige Flüssigkeit thun würde. Diese Erscheinung tritt so beständig auf, dass man sie als ein Kennzeichen benutzen kann, um zu ermitteln, ob in einer Substanz Bacterienkeime enthalten sind oder nicht. Wird nämlich ein Körper oder eine Flüssigkeit, welche Bacterienkeime enthält, in gekochte Pasteur'sche Flüssigkeit gebracht, so entsteht innerhalb 6 Tagen Bacterientrübung; war die Substanz frei von Bacterien, so bleibt die Pasteur'sche Flüssigkeit klar, selbst wenn sie offen steht, da eine Inficirung durch die Luft, wie schon oben bemerkt, in der Regel nicht stattfindet; es ist daher Pasteur'sche Flüssigkeit ein Reagenz auf Bacterien. Durch diese Methode ermittelte Sanderson, dass alles Wasser, filtrirtes, wie nicht filtrirtes, Bacterienkeime enthält, selbst das Schneewasser des reinsten Eises, und das destillirte Wasser, mit Ausnahme allein des frisch destillirten; dagegen existiren in den Geweben und Flüssigkeiten gesunder lebender Thiere und Menschen keine Bacterienkeime, wenn sie vor Verunreinigung durch offene Oberflächen behütet sind; weder frisches noch coagulirtes Blut, noch Muskelfleisch, noch Hühnereiweiss, weder Harn noch Speichel noch Milch, noch selbst reiner Eiter enthält Bacterienkeime, da sie Pasteur'sche Flüssigkeit nicht trüben.

Mit Hülfe derselben Methode konnte auch Sanderson feststellen, durch welche Einflüsse Bacterien getödtet werden; er ermittelte hierdurch, dass oberflächliches Trocknen die Lebensfähigkeit der Bacterien nicht zerstört, wohl aber scharfes Trocknen selbst bei 40° C.; dass Zusatz von 0,5 % Soda, Carbolsäure oder schwefelsaurem Chinin ihre Entwicklung hindert, und daher desinficirend wirkt, nicht aber 0,1 %, dass Zusatz von ozonisirtem Wasser, von 1 % Wasserstoffsuperoxydlösung, von 5 % Chlorwasser Bacterien tödtet u. s. w.

Auch Polebotnow und Manassëin (l. l. c. c.) haben die Bacterienentwicklung in eiweissfreier Pasteur'scher Flüssigkeit beobachtet.

Ich selbst hatte, noch ehe die hier berichteten Versuche bekannt wurden, mir zur Aufgabe gestellt, die Ernährung der Bacterien mit Rücksicht auf die von Pasteur an andern Fermentpilzen gemachten Beobachtungen zu studiren. Ich benutzte anfänglich ebenfalls Pasteursche Flüssigkeit, erkannte jedoch bald, dass dieselbe für Ernährungsversuche mit Bacterien wegen ihres Gehalts an Rohrzucker minder geeignet sei. Dieser ist ein so günstiger Nährboden für den Alcoholhefepilz, so wie für Schimmelarten, dass deren Entwicklung, die nicht immer verhütet werden kann, die Vermehrung der Bacterien beeinträchtigt und die Ergebnisse zweifelhaft macht. Zweitens wird bei längerer Dauer des Experiments insbesondere bei höherer Temperatur, so viel Wasser verdunstet und in Folge dessen die Zuckerlösung so concentrirt, dass sie wiederum keine normalen Bedingungen für Bacterienentwicklung gewährt; wollte man, um dies zu verhüten, von Zeit zu Zeit Wasser zufügen, so würde man ebenso viele Fehlerquellen in das Experiment einführen. Endlich und hauptsächlich ist der Zuckerzusatz darum verwerflich, weil er die Zusammensetzung der Flüssigkeit unnöthigerweise complicirt, und in Folge dessen das Verständniss der Ernährungsvorgänge erschwert.

Während Pasteur und seine Nachfolger die Gegenwart des Zuckers als matière fermescentible für die Entwicklung der Fermentorganismen als unentbehrlich aufzufassen scheinen, stellte ich fest, dass der Zucker eben nur für die Alcoholhefe unentbehrlich, dass er aber für die Bacterien durchaus überflüssig ist. Die Ernährung der Bacterien geht eben so gut, ja bei weitem besser vor sich, wenn aus der Pasteur'schen Flüssigkeit der Zucker weggelassen wird. Ich habe daher zu meinen Versuchen immer nur eine Flüssigkeit angewendet, welche in 100 Theilen destillirtem Wasser 1 Theil weinsaures Ammoniak und circa 1 Theil Aschenbestandtheile enthält.

Pasteur benutzte zu seiner Flüssigkeit wirkliche Hefenasche, welche bekanntlich ausserordentlich schwer kohlenfrei darzustellen ist. A. Mayer (Untersuchungen über die Alcoholische Gährung 1870) brachte einen wesentlichen Fortschritt, indem er den Antheil der einzelnen in der Hefenasche enthaltenen Mineralbestandtheile an der Ernährung der Alcoholhefe experimentell ermittelte, und statt der durch Calciniren erzeugten Asche vielmehr eine Normallösung der in der Hefenasche enthaltenen Salze in ähnlicher Weise zu benutzen lehrte, wie bei den Wasserculturen höherer Pflanzen die Aschensalze immer nur in Lösung zugesetzt werden. Ich benutzte die Mayersche Normallösung der mineralischen Nährsalze (0,1 G. phos-

phorsaures Kali, 0,1 G. krystallisirte schwefelsaure Magnesia, 0,01 drei basisch phosphorsaurer Kalk) auf 20 Cub. Cm. destillirtes Wasser; hierin wurden 0,2 G. weinsaures Ammoniak aufgelöst. Ich werde die hier bezeichnete Mischung, welche gewöhnlich für je einen Versuch verwendet wurde, als normale Bacteriennährflüssigkeit bezeichnen; diese Flüssigkeit reagirt schwach sauer und ist vollkommen wasserklar; zu vielen Versuchen verwendete ich nur die Hälfte obigen Quantums; auch bemerke ich, dass, wo es nicht auf quantitative Bestimmungen ankömmt, zu denen ich der Mitwirkung eines Chemikers bedurft hätte, geringe Abweichungen in der procentischen Zusammensetzung das Resultat nicht wesentlich beeinträchtigen; insbesondere benutzte ich häufig auch die Wolf'sche oder Knop'sche Nährsalzlösung, welche aus phosphorsaurem Kali, schwefelsaurer Magnesia, salpetersaurem Kalk, oder (wenn es sich um Abwesenheit der Salpetersäure handelte) Chlorcalcium besteht. Wenn es darauf ankam, sie von Bacterienkeimen frei zu halten, wurde die Flüssigkeit vor dem Versuche gekocht.

Bei allen Versuchen wurde die Einführung der Bacterienkeime nicht dem Zufall überlassen, sondern Bacterien methodisch ausgesät. Ich liess zu diesem Zwecke Erbsen, Lupinen, Mais und andere Pflanzensamen in einem Glase mit gewöhnlichem Wasser faulen, in Folge dessen die Flüssigkeit dick, trübe und stinkend wurde, von unzähligen Bacterien dicht erfüllt ward und Monate lang so verblieb. In diesen Aufgüssen fanden sich verschiedene Arten, namentlich *Bacillus* und *Micrococcus*; doch war *B. Termo* weit überwiegend und vermehrte sich in der Regel eine Zeit lang oder anhaltend ganz allein, fast ohne fremde Beimischung; es beziehen sich daher die Ernährungsversuche zunächst auf *Bacterium Termo*. Von dem faulenden Aufguss wurden bei jedem Versuche 1—2 Tropfen der normalen Nährflüssigkeit zugesetzt, dann durch Schütteln gleichmässig vertheilt, was bei der geringen Menge des Zusatzes keine irgend bemerkliche Trübung zur Folge hatte. Ich werde diesen Zusatz als Bacterientropfen bezeichnen.

Zu den Versuchen wurden theils gewöhnliche, theils mit Füssen versehene Reagenzcylinder, theils Glaskölbchen von 10—20 CC. Inhalt mit längerem oder kürzerem Halse benutzt, die vorher, wenn erforderlich, ausgekocht waren. Da die Versuche meist im Winter $187\frac{1}{2}$ angestellt wurden, so wurden die Versuchscylinder, um eine constante höhere Temperatur zu erzielen, in einen von mir für Keimversuche im Pflanzenphysiologischen Institut construirten Blechkasten gestellt, zwischen dessen doppelten Wänden sich Wasser befindet,

das durch eine unter dem Blechkasten befindliche kleine Gasflamme mit Hilfe eines Bunsen'schen Regulator constant auf 30—35° C. erwärmt wird, und diese Temperatur dem innern Raume des Blechkastens, der durch eine Glasplatte oder ein Glasdach abgeschlossen wird, mittheilt. Es ist der nämliche Apparat, den auch Ciesielski bei seiner in diesem Heft aufgenommenen Abhandlung über Einfluss der Schwerkraft auf die Wurzeln benutzt hat; in solchen Heizkästen konnte ich eine grosse Zahl von Versuchscylindern gleichzeitig und durch Wochen und Monate bei einer constanten höheren Temperatur erhalten, welche der Vermehrung der Bacterien am günstigsten scheint. Unter den zahlreichen Versuchen wähle ich nur einzelne aus.

Am 12. November 1871 wird ein Bacterientropfen in normale Nährflüssigkeit gebracht; nach zwei Tagen ist die Trübung sichtbar, nach sechs Tagen ist dieselbe ganz milchig und undurchsichtig; an der Oberfläche schwimmt eine $\frac{1}{2}$ Centim. hohe fast ölige Schleimschicht, die ausschliesslich aus dicht gedrängten schwärmenden Bacterien besteht und eine grünliche Färbung hat; ausser *B. Termo* befinden sich auch *Bacillus subtilis, Micrococcus Crepusculum* in der Flüssigkeit; Wolken von *Zoogloea* hatten sich gebildet. Eine am 16. November gleich zusammengesetzte Nährflüssigkeit war schon am 18. trübe, wurde bald milchig, grünlich, undurchsichtig, an der Oberfläche mit dicker Bacterienschleimschicht, und verblieb so bis zum 9. December, allmählich schlug sich in beiden Versuchen ein weisser pulveriger flockiger Absatz nieder, der aus *Micrococcus, Bacterium, Bacillus* bestand und die Höhe von 1 Cm. erreichte, während die Flüssigkeit sich klärte; kein Mycel wurde gebildet. In beiden Fällen sah die Flüssigkeit genau so aus, als ob in ihr ein todter Thier- oder Pflanzenkörper faulte.

Sehr überraschend wenn auch selbstverständlich ist der enorme Einfluss der Aschenbestandtheile; am 19. November wird in einem Reagenzcylinder eine einprocentische Lösung von weinsaurem Ammoniak mit einem Bacterientropfen, jedoch ohne mineralische Nährsalze angestellt; sie bleibt bis zum 29. klar; an diesem Tage werden noch zwei Bacterientropfen zugesetzt; am 4. December ist die Flüssigkeit schwach getrübt, am 9. December ist die Trübung kaum zu bemerken, total verschieden von den gleichzeitig mit mineralischen Salzlösungen angestellten Versuchen, bei denen die Flüssigkeit, wie gesagt, milchig wurde. Alle ähnlichen Versuche geben das nämliche Resultat, dass nämlich in einer Nährflüssigkeit ohne Zusatz von Aschensalzen zwar eine geringe Vermehrung der Bacterien stattfindet, unzweifelhaft auf Kosten der im Bacterientropfen selbst zugefügten geringen Menge von

Salzen; aber die Trübung nimmt nicht zu, wie bei Gegenwart von Mineralnährstoffen, sondern verharrt auf einem geringen Grade. Dagegen sind die mineralischen Nährsalze ohne weinsaures Ammoniak für die Ernährung der Bacterien nicht ausreichend. Ein Reagenzcylinder, welcher in 20 G. destillirtem Wasser phosphorsaures Kali, schwefelsaure Magnesia und Chlorcalcium in erforderlicher Quantität (in Summa 0,2 G.) enthält, bleibt selbst nach Zusatz von zwei Bacterientropfen durch einen Monat völlig klar, da die Bacterien sich nicht vermehren. Noch weniger vermehren sich die Bacterien in reinem destillirtem Wasser, wie vergleichshalber durch Zusetzen eines Bacterientropfens in einen mit destillirtem Wasser gefüllten Reagenzcylinder festgestellt wurde.

Dass dagegen in gewöhnlichem Wasser Bacterienkeime enthalten sind, wie schon Sanderson nachgewiesen, beweist nachstehender Versuch. Am 18. November werden zwei Reagenzcylinder ausgekocht und gleichzeitig mit 20 G. gekochter Normalflüssigkeit gefüllt; die Oeffnung des einen wurde sofort, die des andern nach Zusatz von drei Tropfen Brunnenwasser mit einem Baumwollpfropfen verschlossen, letztere Flüssigkeit ist nach fünf Tagen bereits sehr trübe, an der Oberfläche bildet sich Zoogloea; sie bleibt so bis zum 9. December, wo sich bereits ein reicher Bacterienniederschlag abgesetzt; der andere Cylinder (ohne Zusatz von Brunnenwasser) ist bis zum 9. December völlig klar geblieben.

Obige Versuche ergeben, dass Bacterien sich normal und zum vielmillionenfachen Quantum der ursprünglich ausgesäeten Menge vermehren in einer Flüssigkeit, welche durchaus frei von Eiweissverbindungen und Zucker, neben einer gewissen Menge von Mineralstoffen (Phosphorsäure, Kali, Schwefelsäure, Kalk und Magnesia) nur Ammoniak und Weinsäure enthält. Es leuchtet ein, dass in unsern Versuchen das Ammoniak die Stickstoff-, die Weinsäure die Kohlenquelle der Bacterien ist.

Ich untersuchte nun zunächst, ob nicht auch andere organische Säuren den Bacterien die Kohle für ihre Zellen liefern können.

Versuche, bei welchen in der normalen Nährflüssigkeit der Weinsäure Bernsteinsäure, Milchsäure, Essigsäure substituirt wurden, erwiesen, dass diese organische Säuren von den Bacterien assimilirt werden können; doch scheint die Weinsäure die günstigste Nährflüssigkeit abzugeben.

Am 23. November wurden vier Reagenzcylinder mit 20 G. destillirtem Wasser beschickt, in diesem 0,2 G. bernsteinsaures Ammoniak gelöst; dreien wurde die erforderliche mineralische Nährsalzlösung

beigegeben. Dem ersten Cylinder wurde ein Bacterientropfen zugefügt; er wurde am 27. November trübe, am 29. November milchig, vom 4.—9. December sehr trübe, am 13. Februar war die Flüssigkeit wieder klar, und ein Absatz von Bacterien am Boden niedergeschlagen. Der zweite Cylinder erhielt keinen Bacterientropfen, er blieb völlig klar; der dritte Cylinder erhielt einen Bacterientropfen, aber keine mineralischen Nährsalze; er war nach vier Tagen schwach, nach sechs Tagen etwas stärker getrübt; am 9. December war er bei weitem minder trübe als der erste Cylinder; in einem vierten offen stehenden Cylinder, dem ebenfalls keine Bacterien zugefügt waren, und der acht Tage lang klar geblieben war, erschien am 4. December Penicillium-Mycel, das sich reichlich vermehrte, und noch am 14. Febr. fortvegetirte; auch Bacterien hatten sich eingefunden.

Am 23. Januar wurde eine Lösung von neutralem essigsaurem Ammoniak (1 %) in destillirtem Wasser mit mineralischer Nährsalzlösung und einem Bacterientropfen angestellt; dieser vermehrt sich anfangs nicht, weil sich Mycel entwickelt hat; allmählich aber trübt sich die Flüssigkeit und wird bis zum 10. Februar ganz milchig von zahllosen schwärmenden Stäbchenbacterien, während sich an der Oberfläche eine dichte Schleimschicht von Kugel- und Stäbchenbacterien, und gleichzeitig ein blaugrünes lösliches Pigment bildet und die Flüssigkeit intensiv färbt. Wir werden sehen, dass essigsaures Ammoniak die Pigmentbildung durch chromogene Micrococcusarten begünstigt. Doch vermehren sich die Bacterien im essigsauren Ammoniak auch ohne Pigment. Eine Lösung von neutralem essigsaurem Ammoniak (10 Tropfen in 10 Gm. Wasser mit Nährsalzen) wurde am 5. Mai mit einem Bacterientropfen versetzt und ist fünf Tage später ganz trübe und zugleich alkalisch geworden, jedoch ohne sich zu färben.

Mit Milchsäure hat schon Pasteur experimentirt; er berichtet in der Sitzung der Pariser Akademie vom 18. December 1871, dass wenn man zu einer Lösung reinsten milchsauren Kalks phosphorsaures Ammoniak, Magnesia und Kali und eine kleine Menge schwefelsaures Ammoniak nebst einem Bacterientropfen (*Vibrio* Pasteur) zusetzt, die Vibrionen sich zahllos vermehren und in der Flüssigkeit bewegen, bis die Milchsäure total verschwunden ist; alsdann fallen die Vibrionen todt auf den Boden des Gefässes. Meine eigenen entsprechenden Versuche bestätigten dies.

Auch andere Kohlenverbindungen werden von den Bacterien assimilirt, insbesondere Rohrzucker, Milchzucker, Glycerin und Cellulose. In Bezug auf den Zucker scheint dies bereits aus den Versuchen mit der Pasteur'schen Flüssigkeit hervorzugehen, und ist auch so

von Pasteur selbst aufgefasst werden; indess haben wir erwiesen, was Pasteur übersehen zu haben scheint, dass in der Weinsäure der angewendeten Ammoniakverbindung ein ausreichender Nahrungsstoff für die Bacterien gegeben ist. Um daher den Nährwerth des Zuckers festzustellen, muss die Pasteur'sche Flüssigkeit so modificirt werden, dass das weinsaure Ammoniak durch salpetersaures Ammoniak ersetzt wird. A. Mayer hat diesen Versuch bereits für Alcoholhefe angestellt, ich selbst habe gefunden, dass eine solche Flüssigkeit auch Bacterien reichlich zu ernähren vermag; dasselbe hat sich aus meinen Versuchen mit Milchzucker ergeben. Eine Lösung von 0,2 G. Milchzucker in 20 G. Wasser und Zusatz von 0,2 G. salpetersaurem Ammoniak ist schon nach zwei Tagen trübe von zahllosen Kugel- und Stäbchenbacterien, zwischen denen auch jene eigenthümlichen schon oben erwähnten hefeartigen Zellen auftreten; nach sieben Tagen ist die Flüssigkeit stark sauer durch die erzeugte Milchsäure, allmählich bildet sich ein weisser Absatz (vgl. Tab. III. fig. 5).

Am 29. November werden in 20 G. destillirten Wasser 0,1 G. Glycerin und 0,1 G. salpetersaures Kali, so wie 0,1 G. mineralische Nährsalze gelöst, die Flüssigkeit gekocht, nach dem Abkühlen zwei Bacterientropfen zugesetzt; die Flüssigkeit trübt sich bis zum 9. December durch zahllose Bacterien, die auch einen Absatz bilden; allmählich entwickelt sich Mycel, welches den Bacterien die Nahrung entzieht.

Dass Cellulose von gewissen Bacterien assimilirt wird, schliesse ich aus der schon von Mitscherlich gemachten Beobachtung, dass Vibrionen ein eigenthümliches Ferment bilden, welches Cellulose löst. (Monatsbericht der Berliner Akademie 1850. März.)

Nur eine Kohlenstoffverbindung ist mir bekannt, die von den Bacterien nicht assimilirt wird, nämlich die Kohlensäure. In kohlensaurem Ammoniak vermehren sich Bacterien nicht.

Auch der Harnstoff ist keine Nährflüssigkeit für Bacterien, offenbar weil er dem kohlensauren Ammoniak gleich zusammengesetzt ist. Am 27. Januar wurden in drei Reagenzcylindern je 0,2 G. krystallisirter Harnstoff in je 20 G. destillirtem Wasser gelöst; dem ersten Reagenzcylinder wird ein Tropfen Bacterien, dem zweiten ein Bacterientropfen und 0,2 G. mineralischer Nährsalze, dem dritten nichts zugesetzt; alle drei sind bis zum 28. Februar völlig klar.

Einem vierten Reagenzcylinder wurde am 3. Februar ausser Harnstoff und mineralischen Nährsalzen noch 0,2 G. weinsteinsaures Kali zugefügt; nach drei Tagen in die Flüssigkeit trübe; am 19. Februar milchig, am 4. März dick milchig, ganz undurchsichtig geworden.

Der letzte Versuch beweist, dass der Harnstoff allein von Bacterien nicht assimilirt wird, wohl aber in Verbindung mit einer stickstofffreien Kohlenverbindung, und dass insbesondere bei Gegenwart von Weinsäure der Harnstoff zwar nicht als Kohlenstoff-, wohl aber als Stickstoffquelle für die Bacterien dienen kann.

Auch die Salpetersäure kann, wie ich glaube, den Bacterien ihren Stickstoff liefern, doch ist es schwer darüber zur völligen Gewissheit zu gelangen, weil es fast unmöglich ist, Ammoniakfreie Reagentien zu erlangen. So trübten sich Lösungen von Glycerin und salpetersaurem Kali, wie schon oben erwähnt; eine Lösung von Weinstein und salpetersaurem Kali am 30. Januar angestellt, war am 3. Februar sehr trübe, am 19. Februar schwach milchig, indem sich ein Absatz gebildet hatte; am 28. Februar war sie fast ganz klar geworden und reagirte sauer.

Indess belehrt uns das Nessler'sche Reagenz, dass in den angegewendeten Lösungen auch stets Ammoniak, mitunter sehr reichlich enthalten ist. Ehe ich diese Thatsache constatirte, gewährte es mir nicht geringe Ueberraschung, auch in anscheinend stickstofffreien Nährflüssigkeiten mehr oder minder reiche Bacterienentwicklung zu beobachten. So wurde eine am 20. Februar angestellte zweiprocentige Lösung von käuflichem Milchzucker ohne allen fremden Zusatz schon am 24. Februar trübe unter reichlicher Bacterien- und Hefeentwicklung; am 27. war sie sauer; der durch das Nessler'sche Reagenz erzeugte starke gelbe Niederschlag bewies jedoch die Anwesenheit von Ammoniak im Milchzucker.

Ebenso trübten sich Lösungen von weinsteinsaurem Kali und Cremor tartari, ohne Zusatz einer Ammoniakverbindung, durch reichliche Bacterienentwicklung mehr oder minder, wobei sich in der Regel auch Mycelpilze einfanden; das Nessler'sche Reagenz liess jedoch erkennen, wie grosse Mengen Ammoniak diese Stoffe aufgenommen hatten.

Wenn so viele chemische Lösungen, selbst solche, welche allem Leben feind zu sein scheinen, wie z. B. Schwefelsäure, Arsenik, Sublimat, Eisenvitriol u. s. w., insbesondere aber Weinsäure, phosphorsaures Natron etc. sich bei längerem Stehen von selbst trüben oder schimmeln, so ist ohne Zweifel dabei das Ammoniak betheiligt, welches diese Stoffe aus der Luft mehr oder minder reichlich eingesogen haben.

Salpetersaures Ammoniak allein vermag die Bacterien nicht zu ernähren und trübt sich daher auch nicht, wie mehrere Versuche herausstellten; offenbar, weil es den Bacterien nicht den Kohlenstoff

darbieten kann. Eine Nährflüssigkeit dagegen, welche in 20 G. Wasser 0,1 G. weinsteinsaures Kali und 0,1 G. salpetersaures Ammoniak enthält, ist äusserst günstig für die Vermehrung der Bacterien, die in 3—5 Tagen die Flüssigkeit milchig machen und an der Oberfläche sich in dickem Schleim anhäufen.

Aus obigen Beobachtungen können wir den Schluss ziehen, dass die Bacterien in völlig normaler Weise und in grösster Ueppigkeit sich vermehren, sobald sie die erforderlichen Aschenbestandtheile in Lösung vorfinden und ihren Stickstoff aus Ammoniak oder Harnstoff, wahrscheinlich auch aus Salpetersäure, ihre Kohle aus irgend einer organischen Kohlenstoffverbindung, entnehmen können. Die Bacterien stimmen daher mit den grünen Pflanzen darin überein, dass sie den in ihren Zellen enthaltenen Stickstoff in Form von Ammoniakverbindungen assimiliren, was die Thiere nicht vermögen; sie unterscheiden sich dagegen von den grünen Pflanzen dadurch, dass sie den Kohlenstoff nicht aus der Kohlensäure zu entnehmen vermögen, sondern nur organische kohlenhaltige Verbindungen, insbesondere Kohlenhydrate und deren Derivate, assimiliren, und in dieser Beziehung mit den Thieren übereinstimmen.

Dieser Satz gilt zunächst für *Bacterium Termo;* es bleibt noch zu ermitteln ob er auch für alle Bacterienarten Anwendung findet, oder ob nicht einzelne Arten auf bestimmte Kohlenverbindungen angewiesen sind, wie etwa die Alcoholhefe auf Zucker; bis jetzt ist jedoch kein Fall der Art bekannt.

Auffallend ist, dass die so verschiedenartige Zusammensetzung des süssen und Meerwassers auf die Entwicklung der Bacterien keinen Einfluss zu haben scheint; es werden wenigstens die sämmtlichen continentalen Arten, von *B. Termo* bis zu *Sp. volutans,* auch aus dem Meere erwähnt.

13. Ueber die Fermentwirkungen der Bacterien.

Die Fäulniss stickstoffhaltiger thierischer oder pflanzlicher Gewebe und Säfte ist weder eine aus den chemischen Affinitäten ihrer Atome von selbst hervorgehende Umlagerung der Molecule, welcher dieselben unterliegen, sobald sie dem Einfluss des Lebens entzogen sind.

Noch ist Fäulniss die Folge einer spontanen Verbindung dieser Molecule mit dem Sauerstoff der Atmosphäre.

Die Fäulniss ist vielmehr ein von Stäbchenbacterien *(Bacterium Termo)* erregter chemischer Prozess. So wie Zucker sich niemals von selbst in Alcohol und Kohlensäure zersetzt, nur durch die Hefe-

pilze zur Gährung erregt wird, so faulen organische stickstoffhaltige Substanzen nie von selbst, sondern nur, wenn sie durch die Lebensthätigkeiten und die Vermehrung der Stäbchenbacterien zersetzt werden.

Dieser Satz ergiebt sich nicht blos aus der mikroskopischen Untersuchung faulender Stoffe, in denen sich zwar vielerlei Pilze und Infusorien zu entwickeln pflegen (saprophile Organismen), ausschliesslich constant aber nur Stäbchenbacterien *(B. Termo)* die wir daher als saprogene oder Fäulnissbacterien schlechthin bezeichnen können.

Der nämliche Satz drängt sich mit überzeugender Gewissheit auf aus einer vorurtheilsfreien Erwägung der zahlreichen Versuche über *Generatio aequivoca,* welche seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts in sinnreicher Methode ausgesonnen und in den letzten Jahren ganz besonders vermannigfaltigt sind.

Ich habe im Laufe des vorigen Jahres diese Versuche, auf die ich noch zurückkomme, wiederholt, und ohne Ausnahme das nämliche Resultat erhalten: Keine Fäulniss entsteht, wenn zu einer stickstoffhaltigen organischen Substanz Bacterien nicht zutreten können, nachdem die früher etwa vorhandenen getödtet worden sind. Fäulniss beginnt, sobald Bacterien, wenn auch in geringster Zahl, absichtlich oder unabsichtlich zugeführt werden; sie schreitet vor in demselben Verhältniss, in dem die Bacterien sich vermehren; sie wird verlangsamt, wenn die Bacterien (z. B. in niederer Temperatur) geringere Lebensthätigkeit entwickeln, sie wird zum Stillstand gebracht durch alle die Einflüsse, welche die Vermehrung der Bacterien gänzlich hemmen oder dieselben tödten; alle Bactericiden Mittel sind daher auch antiseptische oder desinficirende. Umgekehrt vermehren sich die Bacterien nur so lange, als sie Fäulnissfähige Stoffe vorfinden, sind die Stoffe ausgefault, so hört auch die lebendige Thätigkeit und die Vermehrung der Bacterien auf; dieselben gehen in Ruhezustand über, in dem sie lange Zeit verharren können.

In dem neusten Manifest in der Sitzung der Pariser Akademie vom 18. December 1871, in welchem Pasteur seine Gährungstheorie gegenüber der Liebig'schen vertheidigt, fasst er den Unterschied beider in folgender Weise zusammen: Nach der Ansicht von Liebig und den meisten Chemikern sei Gährung eine Bewegung, welche von den todten und in spontaner Zersetzung begriffenen Eiweissstoffen auf einen gährungsfähigen Stoff, zum Beispiel auf Zucker übertragen wird; es sei daher Gährung ein „correlatives Phänomen des Todes;“ Pasteur dagegen behauptet, dass nur dann Gährung erregt werde, wenn mikroskopische, meist pflanzliche Organismen

sich auf Kosten eines Theils der gährungsfähigen Substanz ernähren und vermehren; alle Gährung sei von Leben begleitet, beide Vorgänge beginnen und enden gleichzeitig; es sei daher Gährung ein correlatives Phänomen des Lebens.

Wir wenden diese Lehre auch auf die Fäulniss an und stellen den paradoxen Satz auf: Fäulniss ist ein correlatives Phänomen nicht des Todes, sondern des Lebens.

Fragen wir aber, auf welche Weise die Bacterien Fäulniss erregen, so lässt uns die Chemie, welche die Phänomene der Fäulniss nur wenig studirt hat, im Stich; wir müssen uns darauf vertrösten, bis von dieser Seite uns Aufklärung geboten wird, und uns für jetzt darauf beschränken, die biologischen Verhältnisse der Bacterien bei der Fäulniss festzustellen.

Soviel ich glaube, könnten möglicherweise vier verschiedene Beziehungen der Bacterien zur Fäulniss in Betracht gezogen werden. Entweder können die Bacterien eiweissartige Stoffe dadurch zersetzen, dass sie dieselben ganz oder theilweise assimiliren und durch eine Art Stoffwechsel in die Substanz ihrer eigenen Zellen umformen, etwa wie das Thier bei der Verdauung die Eiweissstoffe der Nahrungsmittel in sein Fleisch und Blut verwandelt.

Es können ferner die Bacterien in ihren Zellen einen besondern Stoff erzeugen und wieder ausscheiden, welcher als ungeformtes, flüssiges Ferment auf das Eiweiss lösend und chemisch verändernd wirkt, etwa wie die Zellen des Gerstenkorns Diastase erzeugen und ausscheiden, welche Stärkekörner löst und in Zucker umwandelt.

Es kann endlich auch das Verhältniss der Bacterien zum Sauerstoff sein, in welchem der Schlüssel ihrer Fermentthätigkeit zu suchen ist; sei es nun dass dieselben den Eiweissstoffen, in denen und auf deren Kosten sie sich entwickeln, Sauerstoff entziehen, oder dass sie umgekehrt auf dieselben activen Sauerstoff übertragen; sie können sich daher, um die von Moritz Traube in seiner bedeutenden Abhandlung über Gährung eingeführten Bezeichnungen anzuwenden, entweder als Reductions- oder als Oxydationsfermente verhalten.

Möglicherweise können auch zwei oder mehrere dieser Thätigkeiten combinirt wirken. —

Was zunächst das Verhältniss der Bacterien zum Sauerstoff betrifft, so wird allgemein anerkannt, dass sie des Sauerstoffs in hohem Grade bedürfen, und es kann nicht zweifelhaft sein, dass auch bei den Bacterien Stoffwechsel und Vermehrung, wie die aller lebenden Zellen, nur unter Aufnahme von Sauerstoff und Ausscheidung von Kohlensäure vor sich geht. Um sich davon zu überzeugen, in welchem

Grade die atmosphärische Luft die Vermehrung der Bacterien fördert, dazu genügt ein Blick auf die Schleimmassen, welche sich an der Oberfläche bacterienhaltiger Flüssigkeiten anhäufen. Aber daraus folgt noch nicht, dass die Fermentwirkungen der Bacterien in gradem Verhältniss zur Sauerstoffaufnahme stehen; ebenso wenig folgt, dass die Fermentwirkung der Bacterien um so grösser sein müsse, je reichlicher sie sich vermehren. Auch der Alcoholhefepilz vermehrt sich am stärksten, wenn er an der Oberfläche zuckerhaltiger Flüssigkeit möglichst reichlich mit Luft in Berührung kommt, wie das in den Presshefenfabriken veranstaltet wird; aber die Fermentthätigkeit des Hefepilzes ist bei weitem grösser, d. h. es wird durch ihn bei weitem mehr Zucker in Alcohol umgewandelt, wenn er bei Ausschluss der Luft vegetirt, obwohl er sich alsdann bei weitem weniger vermehrt. Es steht zwar nicht fest, ob und in wie weit auch bei den Bacterien analoge Verhältnisse stattfinden, doch sollte ich meinen, dass in meinen künstlichen Ernährungsversuchen die am Boden einer vielleicht 20 Cm. tiefen, von gedrängten Bacterien dicht erfüllten Flüssigkeitsschicht befindlichen Bacterien nur geringe Sauerstoffmengen zur Verfügung haben können. Dass gewisse Bacterien für ihre Fermentthätigkeit des Sauerstoffs entbehren können, ja durch Sauerstoff darin gehindert werden, hat Pasteur selbst für die Organismen des Buttersäureferments zuerst nachgewiesen, die vielleicht umgekehrt ihrem Medium Sauerstoff entziehen mögen. Dagegen scheint die Fermentwirkung der Essigbacterien und der chromogenen Pigmentbacterien auf der Uebertragung von Sauerstoff zu beruhen. Wie immer auch die Bacterien sich zum Sauerstoff verhalten, so lässt sich begreifen, dass ihre gleichmässige und dichte Vertheilung in der Flüssigkeit und ihre unablässigen Bewegungen die Uebertragung des Sauerstoffs auf die Substanzmolecule oder auch das Umgekehrte in ausserordentlich viel kürzerer Zeit bewirken müssen, als dies durch blosse Gasdiffusion ohne Bacterien geschehen könnte.

Keineswegs aber kann sich die Betheiligung der Bacterien an der Fäulniss auf ihr Verhältniss zum Sauerstoff reduciren. Es steht fest, dass auch bei der Fäulniss, wie das Pasteur von der Gährung aussagt, ein beständiger Stoffwechsel stattfindet zwischen den lebenden Bacterien, welche wachsen und sich vermehren, und zwischen der faulenden Substanz, welche von ihnen assimilirt wird; dass die Bacterien mit anderen Worten sich von den faulenden Eiweissstoffen ernähren.

Nun haben wir aber durch die künstlichen Ernährungsversuche erwiesen, dass die Bacterien das Material zu ihren Zellen aus dem Ammoniak und der Weinsäure oder einer äquivalenten Kohlenver-

bindung entnehmen können, während ihnen bei der Fäulniss eiweissartige Nahrung geboten wird.

Man könnte freilich Zweifel erheben, ob die künstliche Ernährung der Bacterien durch Ammoniakverbindungen als eine normale anzusehen sei, und ob nicht vielmehr die Vorgänge bei der künstlichen Ernährung wesentlich von denen verschieden sind, welche bei der Fäulniss stattfinden. Ich glaube jedoch annehmen zu dürfen, dass dies nicht der Fall sei.

Die Massenentwicklung der Bacterien in künstlichen Nährflüssigkeiten steht der in faulenden Eiweissstoffen nicht im Mindesten nach, während z. B. die Hefezellen sich in der Pasteur'schen Flüssigkeit zugestandenermassen bei weitem weniger vermehren als in Bier-Würze u. s. w. Von den einzelnen Vorgängen und Producten, welche bei der künstlichen Vermehrung der Bacterien vorkommen, lässt sich freilich nicht positiv nachweisen, dass sie mit denen der natürlichen Ernährung identisch sind, da wir über beide nur sehr wenig wissen. Doch habe ich wenigstens das beobachtet, dass gewisse Fäulnissgerüche nicht an die Eiweissstoffe gebunden sind, sondern von den Bacterien auch aus künstlichen Nährflüssigkeiten erzeugt werden; wenn diese sich in normaler Nährflüssigkeit (weinsaurem Ammoniak) derart vermehrt haben, dass dieselbe milchig ist, so entwickelt sie einen deutlichen Geruch nach faulem Käse, obwohl keine Spur von Eiweissstoffen in der Lösung vorhanden ist.

Noch entscheidender beweisen meine Versuche mit den chromogenen Micrococcusarten, dass in künstlicher Ernährung (durch Ammoniakverbindungen) gewisse Bacterien genau dieselben Producte erzeugen, wie in natürlicher (durch Eiweissstoffe), dass daher in beiden Fällen die nämlichen Assimilationsprozesse stattfinden müssen.

Wie aus der Abhandlung von Schroeter hervorgeht, entwickeln verschiedene Arten von Pigmentbacterien, meist zur Gattung *Micrococcus* gehörig, auf gekochten Kartoffeln eine Reihe sehr charakteristischer Farbstoffe, indem sie sich offenbar auf Kosten der Eiweissstoffe in den Kartoffeln vermehren. Die Pigmentbacterien der gekochten Kartoffeln lassen sich, wie lange bekannt, auch auf andere Eiweissstoffe, Käse, Fleisch, Hühnereiweiss, Brod, Kleister, Reis und Maispolenta übertragen und vermehren, und erzeugen aus deren stickstoffhaltigen Bestandtheilen die nämlichen Farbstoffe. Ich selbst habe gefunden, dass die nämlichen Pigmentbacterien sich in völlig normaler Weise entwickeln und vermehren, und dass sie die nämlichen Farbstoffe erzeugen in künstlichen Lösungen, welche Ammoniak und eine organische

Kohlenstoffverbindung, aber keine Spur von Eiweissstoffen enthalten.

Es hat sich aus meinen Versuchen herausgestellt, dass ein Gemisch von essigsaurem und weinsaurem Ammoniak für die Vegetation gewisser Pigmentbacterien und die Erzeugung ihrer Farbstoffe die günstigste Nährflüssigkeit ist. Den grössten Theil der Pigmente in künstlichen Lösungen erhielt ich durch Zufall, indem ich in eine solche Nährflüssigkeit einen Bacterientropfen brachte, der selbst völlig farblos war, in dem aber jedenfalls die Keime der betreffenden Micrococcusarten enthalten waren. So wenig man durch Aussetzen von gekochten Kartoffeln in feuchte Luft mit Bestimmtheit den rothen Farbstoff des *Micrococcus prodigiosus* oder ein anderes Bacterien-Pigment erziehen kann, sondern es dem Zufall überlassen muss, ob die Luft die Keime dieser oder jener Art auf die Kartoffelscheibe aussät, so konnte ich auch in den künstlichen Lösungen nicht nach Willkühr ein bestimmtes, noch überhaupt ein Pigment erzeugen, sondern es hing vom Zufall ab, ob dieser oder jener Keim in die Flüssigkeit gerieth; sobald sich aber Pigment gebildet, konnte ich dasselbe durch Uebertragung der Bacterienhäute in neue Nährflüssigkeit in der Regel weiter vermehren.

Zuerst erhielt ich das blaue Lacmus-Pigment, als ich am 29. Januar 1872 2 Cubcm. concentrirter Lösung von saurem weinsteinsaurem Kali, 2 Cubcm. offizinelles essigsaures Ammoniak und 1 Cubcm. Nährsalzlösung mit 8 Cubcm. destillirtem Wasser anstellte und dieser Flüssigkeit einen Bacterientropfen zusetzte; am 3. Februar war dieselbe schwach, am 6. sehr stark getrübt; am 8. fing sie an sich schwach blaugrün zu färben, am 12. Februar zeigte sie reines Blau, das sich von Tag zu Tag kräftiger und intensiver entwickelte und gleichzeitig klärte; am 17. Februar nach 19 Tagen war die Flüssigkeit klar und prachtvoll blau wie Kupfervitriol. Die tägliche Steigerung der Farben-Intensität beweist, dass sich ununterbrochen neues Pigment bildete. Die ursprüngliche Trübung rührte neben der Entwicklung des eigenthümlichen Weinsäuremycels von zahllosen Stäbchenbacterien her, die sich jedoch allmählich am Boden absetzten und die Flüssigkeit klar liessen, während ein *Micrococcus,* der eine dicke gallertartige Haut auf der Oberfläche bildete, als Erreger des blauen Pigments anzusehen ist. Die Flüssigkeit reagirte Anfangs neutral und schwach sauer, wurde aber bald alkalisch, noch ehe die Pigmentbildung bemerkbar war, und blieb so bis zu Ende. Nachdem die klare blaue Flüssigkeit abfiltrirt war, wurde am 17. Februar der zurückgebliebene blaue Bacterienabsatz mit neuer Nährflüssigkeit übergossen; diese färbte sich bis

zum 28. Februar, nahm aber keine rein blaue, sondern eine lauchgrüne Farbe an; an diesem Tage wurde wiederum neue Nährflüssigkeit auf den Bacterien-Rückstand gebracht, die am 4. März bläulich, am 8. schön blau war und täglich an Intensität und Klarheit zunahm.

Eine grosse Zahl von Versuchen, in denen die Nährflüssigkeit in verschiedenen Verhältnissen abgeändert, und statt des Cremor tartari auch neutrales weinsteinsaures Kali, oder auch weinsaures Ammoniak dem essigsauren Ammoniak zugefügt wurde, gaben in der Regel ähnliche Resultate, indem die Nährflüssigkeit bald früher bald später alkalisch wurde und sich darauf erst grünlich, dann blau oder lauchgrün färbte. Die Uebertragung der Pigmentbacterien in die Nährflüssigkeit wurde mitunter dem Zufall oder vielmehr dem aus der Luft herabfallenden Staube überlassen, bald durch Einführung einer Micrococcushaut aus einer bereits gefärbten Flüssigkeit bewirkt. In einzelnen Fällen trat die Färbung schon am folgenden Tage, bei anderen Versuchen erst nach Wochen ein; so zeigte eine am 29. Januar angestellte Mischung von 0,4 G. weinsaurem Kali und 0,4 G. essigsaurem Ammoniak in 40 G. destillirtem Wasser erst am 19. Februar eine schwach grünliche, am 8. März intensiv blaue Färbung, während eine am 3. Februar gleich zusammengesetzte Nährflüssigkeit schon am 5. Februar trübe, am 8. Februar stark milchig, aber bereits intensiv blaugrün, wie Kupferchlorid, am 19. schön blau wie Kupferoxyd-Ammoniak war; später wurde die Lösung von neuem blaugrün; am 1. April hatte sie eine röthlich braune Farbe angenommen.

In einer ebenfalls am 3. Februar in gleichem Verhältniss angesetzten Nährflüssigkeit war nach neun Tagen die erste Spur grünlicher Färbung bemerklich, nachdem sich an der Oberfläche eine dicke Gallert von Kugelbacterien und in der Flüssigkeit zahllose *B. Termo* gebildet hatten; bis zum 16. Tage war die Flüssigkeit rein und intensiv lauchgrün, ohne Spur von Blau, geworden. In einer am 6. Februar angestellten Lösung von weinsaurem und essigsaurem Ammoniak trat schon nach drei Tagen die bläuliche Färbung mit alkalischer Reaction auf, die sich bis Ende Februar zu hellblauer Intensität steigerte; am 2. März wurde aus unbekannten Ursachen die Flüssigkeit schwach sauer; gleichzeitig wurde der Farbstoff roth und blieb so bis Ende April.

Ich habe das blaue und das lauchgrüne Pigment auch aus einer einprocentigen normalen Nährstoff-Lösung von essigsaurem Ammoniak und den mineralischen Nährsalzen, aber ohne Zusatz von weinsaurem Salze erhalten. Dagegen scheint dieses Pigment und seine verschiedenen Modificationen sich ohne essigsaures Ammoniak nicht zu

bilden. Eine normale Nährstoff-Lösung von weinsaurem Ammoniak blieb nach Zusatz von *Micrococcus cyaneus* vom 16. bis 30. März farblos; als aber am 30. März ihr ein Paar Tropfen essigsaures Ammoniak zugesetzt waren, zeigte sie schon Tags darauf eine bläuliche Färbung.

Das saftgrüne Pigment, welches ich von *Micrococcus chlorinus* abgeleitet habe, entsteht jedoch in einer normalen Nährstoff-Lösung von weinsaurem und ohne essigsaures Ammoniak, indem sich an der Oberfläche eine gelbgrüne Gallertschicht bildet, und der Farbstoff allmählich tiefer nach unten sich verbreitet. Noch in diesen Tagen experimentirte ich mit einer normalen Nährstoff-Lösung, in welcher seit mehren Wochen die Bacterienvermehrung vorüber war und ein sehr reichlicher Bacterienabsatz sich niedergeschlagen hatte; auf diesen Rückstand wurde am 10. August frische Nährstoff-Lösung aufgegossen, zwei Tage später wurde dieselbe trübe; nach vier Tagen hatte sich eine schön gelbgrüne Flüssigkeitsschicht an der Oberfläche gebildet; ein dickes Micrococcushäutchen, das oben schwamm, war der Erzeuger des Farbstoffes.

Dass sich auch gelbes und rosa Pigment auf künstlichen Nährstoff-Lösungen durch Aussaat des *Micrococcus luteus* und des *Saccharomyces glutinis* vermehren lässt, habe ich schon früher bemerkt; doch theilen sich diese Farbstoffe, da sie in Wasser nicht löslich sind, der Flüssigkeit nicht mit.

Meines Erachtens lässt sich die Erzeugung von Pigmenten in künstlichen Nährstoff-Lösungen durch absichtlich oder zufällig ausgesäte Pigmentbacterien nur so verstehen, dass diese Organismen einen Theil des Ammoniaks und der Essig- resp. Weinsäure aus der Nährflüssigkeit assimiliren, und daraus zunächst ihre eigenen Zellhäute und ihr Plasma, so wie das Pigment bilden. Wo das Pigment in Wasser unlöslich ist, wie z. B. bei der Rosahefe *(Saccharomyces glutinis* Fres.), kann kein Zweifel sein, dass dasselbe in den Zellen selbst enthalten ist; dasselbe gilt auch von den unlöslichen Pigmenten der Kugelbacterien *(Micrococcus prodigiosus* und *luteus),* obwohl bei letzteren das Pigment auch aus den Zellen in die Intercellularsubstanz ausgeschieden werden muss, da es von Schimmelpilzen aufgenommen wird (vgl. Schroeters Bemerkungen in diesem Heft p. 114). Bei den in Wasser löslichen Pigmenten des *M. cyaneus, chlorinus, aurantiacus* kann angenommen werden, dass der Farbstoff zunächst ebenfalls in den lebenden Zellen gebildet und durch Exosmose in die Nährflüssigkeit ausgeschieden wird; es könnte aber auch der Farbstoff direct aus der Nährflüssigkeit unter dem Einfluss der Bacterien erzeugt

werden, indem dieselben in Folge ihrer Assimilationsthätigkeit und unter Betheiligung des atmosphärischen Sauerstoffs die Molecule der Nährflüssigkeit zu Lagerungsveränderungen erregen, welche Stoffe von alkalischer Reaction und bestimmter Farbe hervorbringen.

Wie dem auch sei, soviel steht fest, dass dieselben Pigmente durch dieselben Organismen sich bei künstlicher Ernährung wie bei eiweissartiger Nahrung erzeugen; daraus kann mit grosser Wahrscheinlichkeit gefolgert werden, dass die Assimilationsprozesse in den Pigmentbacterien, und wahrscheinlich bei den Bacterien überhaupt, die nämlichen seien, möge nun ihnen der Stickstoff in Form von Ammoniak oder in Form von Eiweisskörpern geboten werden.

Dieses Resultat führt zu weiteren Schlussfolgerungen. Es entsteht die Frage: Ist es wahrscheinlich, dass die nämlichen Zellen, welche die Fähigkeit besitzen, durch ihre Assimilationsthätigkeit ihr Plasma aus Ammoniakverbindungen selbst zu erzeugen, dieses Plasma auch unmittelbar als fertiggebildete Eiweisssstoffe aufnehmen sollen? Ich möchte diese Frage verneinen; denn so viel wir von der Ernährung der Thiere und Pflanzen wissen, so assimilirt derselbe Organismus nicht ohne Unterschied organische und anorganische Verbindungen; diejenigen Pflanzen, welche Kohlensäure assimiliren, nehmen keine Kohlenhydrate auf, und diejenigen Pflanzen, welche Humusverbindungen bedürfen, vermögen sich nicht von Kohlensäure zu ernähren; die Thiere, welche Eiweissstoffe als Nahrung verbrauchen, können ihr Blut nicht aus Ammoniak bilden, und umgekehrt nehmen die grünen Pflanzen Ammoniak, aber keine Albuminate auf. Ist es nicht wahrscheinlicher, dass auch die Bacterien, die, wie wir nunmehr wissen, Ammoniak assimiliren, keine fertigen Eiweissstoffe in ihre Zellen aufnehmen? Die meisten der Eiweissverbindungen, welche faulen, sind ja zunächst in Wasser gar nicht löslich und können daher ohne Veränderung von den Bacterien gar nicht aufgenommen werden (z. B. der Kleber der Pflanzensamen, das gekochte Eiweiss, das Fibrin der Muskeln etc.).

Aus diesen Erwägungen möchte ich die Vermuthung aufstellen, dass die Fäulnissbacterien die Fähigkeit besitzen, die Eiweiss-Molecule zu spalten, und zwar in Ammoniak, welches zunächst von ihnen assimilirt wird, und in andere Stoffe, welche als Nebenproducte der Fäulniss in der Flüssigkeit gelöst bleiben. Der Fäulnissprozess scheint mir eben auf der Spaltung der Eiweiss-Molecule in Ammoniak und andere flüssige und gasförmige, grossentheils noch unbekannte Verbindungen zu beruhen, in ähnlicher Weise wie die Gährung auf der

Spaltung des Zuckers in Alcohol und Kohlensäure, Glycerin und Bernsteinsäure beruht. Bei der Pigmentfäule werden gewisse Nebenproducte der Spaltung der Eiweiss-Molecule dadurch sichtbar, dass sie eben gefärbt sind; bei der eigentlichen Fäulniss werden sie zum Theil durch den Geruch charakterisirt. Vielleicht wird ein Theil des von den Bacterien aus den Eiweissstoffen erzeugten Ammoniaks dazu verwendet, um die unlöslichen Eiweissverbindungen im Verlauf der Fäulniss löslich zu machen. Dass dies geschehen muss, ergiebt sich von selbst aus der Thatsache, dass z. B. hartgekochtes Hühnereiweiss, Muskelfasern u. s. w. durch die Fäulniss sich allmählich in Schleim auflösen und völlig zerstört werden. Dass bei der Fäulniss Ammoniakverbindungen entstehen, ist übrigens bekannt und lässt sich auch in unsern Versuchen durch das Nessler'sche Reagenz leicht nachweisen. Die Wirkung des Harnferment ist vermuthlich auch auf die Assimilirung des Ammoniaks durch den *Micrococcus ureae* zurückzuführen.

Worauf aber beruht die Fähigkeit der Bacterien, Eiweiss-Molecule zu spalten? Ist sie eine unmittelbare Function ihres Vegetationsprozesses, in ähnlicher Weise, wie etwa die Kohlensäure durch die Lebensthätigkeit der grünen Zellen gespalten wird? Oder wird durch den Assimilationsprozess der Bacterien im Innern ihrer Zellen eine chemische Verbindung erzeugt, welche, wieder ausgeschieden, das Eiweiss löst und zersetzt, gleich den Verdauungsflüssigkeiten? Sind die Bacterien selbst das Ferment? Oder erzeugen sie nur ein flüssiges Ferment? Es würde zu weit führen, all die Analogien zusammenzustellen, welche mehr für die eine oder für die andere Alternative zu sprechen scheinen; genug, dass bis jetzt keine von beiden zur Evidenz gebracht worden ist.

Noch weniger klar als bei der Fäulniss und der Pigmentbildung lässt sich bis jetzt die Thätigkeit der Bacterien in den übrigen Fällen ihrer Fermentwirkungen übersehen, am wenigsten natürlich in ihren Beziehungen zu den Contagien.

So lange man nicht zwischen Bacterien und Bacterien unterschied und an den Satz glaubte, dass aus einer beliebigen Schimmelspore alle übrigen Schizomyceten und Mycelpilze hervorgehen können, so lange konnte auch die Contagienfrage keine wissenschaftliche Grundlage gewinnen.

Der erste Schritt zum Fortschritt war gethan, als man die pathogenen Bacterien von den saprogenen zu unterscheiden versuchte und zugleich nachwies, dass die überall verbreiteten Bacterien der Fäulniss das Contagium nicht erzeugen, sondern vielmehr zerstören. Die Beobach-

tung von Davaine, dass in gefaultem Milzbrandblut die Bacteridien sich nicht mehr finden, und dass dasselbe das Contagium nicht überträgt, wie die entsprechenden Untersuchungen von Klebs über Pyaemie, lassen hieran keinen Zweifel, während gleichzeitig die Filtrirversuche von Klebs und die Diffusionsversuche von Chauveau beweisen, dass das Contagium nicht in den flüssigen Theilen des *Virus,* sondern in den festen, und ohne Zweifel in den mikroskopischen Organismen seinen Sitz hat. Die Beobachtungen, welche Schroeter und ich über die Zerstörung der von Kugelbacterien erzeugten Pigmente durch überwiegende Vermehrung von Stäbchenbacterien gemacht, geben unserer Unterscheidung der pathogenen und saprogenen Bacterien eine positive Unterstützung.

So sicher nun, wie ich glaube, die Thatsache, dass gewisse Bacterienarten die Träger von Contagien sind, so schwierig, ja unmöglich ist es bis jetzt, auf dieser Thatsache weiter zu bauen. Die vier Möglichkeiten, welche ich in Bezug auf die Fermentthätigkeit der Fäulnissbacterien in's Auge gefasst, müssen auch bei der Contagienfrage zur Erwägung kommen. So hat Bollinger zur Erklärung der deletären Wirkungen der Anthraxbacteridien die Theorie aufgestellt, dass diese Organismen eine chemische Affinität zum Sauerstoff besitzen, dass sie denselben mit grosser Begierde und in grosser Menge den rothen Blutkörperchen entziehen und bei ihrer ungeheuren Anzahl bald Sauerstoffmangel und Kohlensäureüberladung im Blute zur Folge haben. Alle pathologischen Erscheinungen an milzbrand kranken Thieren und Menschen seien daher Erscheinungen des O-Mangel und der CO^2-Ueberladung; die Wirkung der Bacterien sei analog der Blausäurewirkung, die Erscheinungen der Blausäurevergiftung dieselben, wie beim apoplectiformen *Anthrax.*

Dagegen hatten Klebs und Oertel das Resultat gezogen, dass die Bacterien der *Septicaemie, Pyaemie* und *Diphtherie* das Blut und die Organe, welche sie belagern und durchsetzen, theils durch Entziehung von Nährstoffen, die sie für sich selbst assimiliren, theils durch mechanische Gefässverstopfungen und Blutstauungen, theils endlich durch eine allgemeine Blutvergiftung afficiren und degeneriren.

Die tödtlichen Wirkungen der meisten Insectenpilze beruhen wiederum grösstentheils darauf, dass das Blut, statt zur Ernährung des Thiers verwerthet zu werden, in Pilzmycel umgewandelt wird, dass das Thier sozusagen „im Pilz erstarrt" (vergleiche meine Zusammenstellung hierher gehöriger Thatsachen in dem Aufsatz „über eine neue Krankheit der Erdraupen" im ersten Hefte dieser Beiträge).

Auch in anderen Fällen mag die Thätigkeit der pathogenen Bacte-

rien darauf beruhen, dass sie das Blut und die Gewebe ihrer Wirthe verzehren und gleichzeitig Spaltungen und Neucombinationen der Molecule erregen. Die Assimilationsproducte mögen in den Bacterienzellen selbst eingeschlossen bleiben, wie die unlöslichen Pigmente, oder sie mögen wieder ausgeschieden werden, wie die löslichen Farbstoffe, oder direct im Blute sich bilden, wie die Essigsäure im Alcohol; diese ausserhalb der Bacterien befindlichen Assimilationsproducte mögen schon in minimalen Mengen als flüssige Gifte wirken, wie dies vom *Septicin* angenommen wird; in anderen Fällen mögen die pathogenen Bacterien die Rolle eines Oxydations- oder eines Reductionsferments spielen.

Wir sind nicht weit genug, um die einzelnen Fälle zu unterscheiden; da die pathogenen Organismen vermuthlich verschiedenen Arten, Rassen und Varietäten angehören, mögen in verschiedenen Contagien verschiedene Fermentwirkungen in Betracht kommen. Das Studium der leichter dem Experiment zu unterwerfenden saprogenen, zymogenen und chromogenen Bacterien und insbesondere ihres Verhaltens in den von mir nachgewiesenen künstlichen Nährstoff-Lösungen, wird, wie ich hoffe, den Weg zeigen, durch welchen auch für jene hochwichtigen Fragen weitere Aufklärung zu erwarten ist.

12. Verhalten der Bacterien zu extremen Temperaturen.

Während in den letzten Jahren hauptsächlich der angebliche Polymorphismus der Bacterien die Naturforscher und Aerzte Deutschlands beschäftigte, hat in England und Frankreich insbesondere das Verhältniss der Bacterien zur Urzeugung das lebhafteste Interesse, nicht blos in wissenschaftlichen Kreisen, in Anspruch genommen. Wer einmal die Versuche von Needham und Spallanzani, von Appert, Schwann, S. Schultze, Schröder, v. Dusch und Pasteur wiederholt hat, (vergleiche die klare Zusammenstellung in Pasteur, Mém. sur les corpuscules organisés qui existent dans l'atmosphère, Ann. de Chem. et de Phys. 1862, oder in der Inaugural-Dissertation von Georg Lunge, de fermentatione alcoholica. Breslau 1859) dem scheint es schwer begreiflich, dass eine vollkommen abgethane Streitfrage immer von neuem zum Gegenstand der Controverse gemacht wird. Nichts ist leichter, als diese Versuche zu wiederholen; zu ihnen eignen sich besonders solche stickstoffhaltige Körper, welche in warmem und kaltem Wasser unlöslich, auch nach längerem Kochen das Wasser nicht trüben; denn man kann bei diesen den Beginn der Bacterienentwicklung und der von ihnen erregten Fäulniss auch ohne mikroskopische Untersuchung so-

fort an der Trübung des Wassers erkennen, obwohl, wie schon bemerkt, absolute Gewissheit über Anwesenheit und Abwesenheit der Bacterien nur durch das Mikroskop zu gewinnen ist. Ich benutzte gewöhnlich hartgekochtes Hühnereiweiss, in kleine Würfel zerschnitten, oder Pflanzensamen (Erbsen, Bohnen, Lupinen), welche geschält, dann längere Zeit in destillirtem Wasser gekocht wurden, wobei die ersten gefärbten Aufgüsse so lange erneuert wurden, bis das Wasser nach dem Kochen vollkommen klar und farblos blieb. Schneidet man stärkehaltige Samen in kleinere Stücke, so ist der beim Kochen gebildete Kleister sorgfältig abzuspülen, weil er sonst Trübung veranlasst. Werden nun Samen oder hartgekochtes Eiweiss im offenen Kölbchen mit destillirtem Wasser so lange gekocht, dass eine gleichmässige Erhitzung der angewendeten Substanz auf 100° angenommen werden kann, wozu jedoch mindestens 1 Stunde gehört, wird dann der Hals des Kölbchens (nach Spallanzani) zugeschmolzen, oder (nach Schroeder und Dusch) mit Baumwolle verstopft, so bleibt das Wasser durch unbegrenzte Zeit klar, Samen oder Eiweiss unverändert, es entsteht weder Trübung, noch Bacterienabsatz, noch Fäulniss. Ganz besonders überraschend ist auch der Pasteur'sche Versuch, durch hakenförmiges Abwärtsbiegen des Kolbenhalses das Eindringen von Bacterien in die Versuchsflüssigkeit zu hindern; ich habe in der That Kölbchen mit einer gekochten Erbse nunmehr acht Monate völlig bacterienfrei und ungefault erhalten, obwohl die abwärts gebogene Spitze des Kolbenhalses offen, und eine gewisse Luftcirculation durch Temperaturschwankungen im Kolbenraume stattfindet; als ich in einem solchen Kölbchen mit abgebogenem Halse, in dem eine Erbse mit destillirtem Wasser sechs Monate lang bacterienfrei geblieben war, vermittelst der Handwärme die Luft verdünnt und beim Wiederabkühlen einen Bacterientropfen eingesaugt hatte, so begann zwei Tage darauf die Fäulniss. In mehreren Fällen gelang übrigens der Pasteur'sche Versuch nicht, und es entwickelten sich Bacterien in der Kolbenflüssigkeit, was auch nicht zu verwundern ist. Bei einem Versuch nach Schroeder und Dusch blieb Eiweiss vom 16. April bis Ende November rein weiss, während das Wasser allmählich durch den Baumwollenpfropf verdunstete, aber auch dann entwickelten sich keine Bacterien auf dem in feuchter Luft liegenden Eiweiss; denn als ich am 21. November destillirtes Wasser aufgoss, trübte sich dasselbe nicht, was der Fall gewesen wäre, wenn sich Bacterienschleim gebildet hätte; das Wasser aber musste Keime zugeführt haben; denn schon Tags darauf begann die Fäulniss; am 25. November wimmelte das Wasser von Stäbchenbacterien. Wenn

in einem mit Baumwolle verstopften Kölbchen das eingeschlossene Wasser durch Schütteln zum Benetzen des Baumwollpropfes gebracht wird, so entwickeln sich sofort Fäulnissbacterien, deren Keime von der Baumwolle abgespült sein müssen. Es ist übrigens auffallend, und nur durch die geringe Menge der in der Luft enthaltenen Bacterienkeime erklärlich, dass die Baumwolle die letzteren abfiltrirt; denn eine bacterienreiche Flüssigkeit wird durch das viel dichtere Filtrirpapier nicht zurückgehalten; bei einem Versuch gingen selbst durch ein 16faches Filter noch vereinzelte Bacterien; durch Ablösen der Papier-Schichten und Ausdrücken der in ihnen enthaltenen Flüssigkeit liess sich ermitteln, dass durch zwölf Lagen eine grössere Zahl, durch neun sehr viele, und durch fünf eine ungeheure Menge Bacterien hindurchgingen.

Wenn jedoch Männer, wie Frankland und Bastian, für die generatio aequivoca der Bacterien in die Schranken treten, und selbst ein so geistvoller und exacter Dialectiker wie Pasteur den französischen Heterogonisten gegenüber keinen leichten Stand hat, so liegt dies offenbar nicht allein an den unlogischen Schlüssen und den schlechten Experimenten der Anhänger der generatio aequivoca, sondern es sind in der That noch einige nicht völlig unaufgeklärte Verhältnisse, die zwar, wie ich überzeugt bin, die Hauptsache nicht berühren, aber doch den Zweifel erklärlich machen.

Alle die oben berührten Versuche haben eine dreifache Prämisse, 1) dass im Wasser und den thierischen oder pflanzlichen Geweben, welche dabei verwendet werden, Bacterien ursprünglich vorhanden sind, oder doch sein können; 2) dass diese Bacterien durch Kochen getödtet werden; 3) dass neue Bacterien aus der Luft herabfallen, wenn dies nicht durch Zuschmelzen der Kölbchen, durch Baumwollenpfröpfe, oder einfach durch Abwärtsbiegen des Kolbenhalses verhindert wird. Gegen alle diese Voraussetzungen lassen sich Bedenken erheben.

Dass in allen organischen Körpern, z. B. in gekochtem Hühnereiweiss, einem frisch geschälten Samen, dass im Blut oder Fleisch eines frisch getödteten gesunden Thieres bereits Bacterien enthalten sind, widerspricht den oben referirten Versuchen von Burdon Sanderson; sicher ist dagegen, dass in allem Wasser Bacterien vorhanden sind, wenn auch oft nur in geringer Zahl und ohne Vermehrung, vielleicht im Ruhe- oder Dauerzellenzustand; dass diese Keime jedoch bald in Vegetationsthätigkeit treten und sich in's Unendliche vermehren, sobald sie geeignete Nahrung finden; und dass durch Berührung mit unreinen Oberflächen, wie dies bei der

Vorbereitung zu den Versuchen kaum zu vermeiden ist, auch die ursprünglich bacterienfreien Körper leicht inficirt werden.

Dass aus der Luft Bacterienkeime herabfallen, wird zwar allgemein angenommen, steht aber ebenfalls mit den Burdon Sanderson'schen, von mir theilweise bestätigten Versuchen in Widerspruch, wonach wenigstens in gekochten künstlichen Nährstoff-Lösungen aus der Luft zwar Schimmelsporen aber keine Bacterien zugeführt werden. Auch Rindfleisch in seinen Untersuchungen über niedere Organismen (Virchow's Archiv LIV.) gelangte selbständig zu diesem Ergebniss. Ich habe als Grund dafür angenommen, dass die Bacterienkeime in der Luft zu spärlich und zu leicht, möglicherweise auch schwer benetzbar sind, daher auf der Oberfläche der Flüssigkeit liegen bleiben, und ohne einzudringen und sich zu vermehren, wieder fortgeblasen werden.

Wenn statt künstlicher Nährstoff-Lösungen organische Gewebe gekocht, und dann offen stehen gelassen werden, so dauert es mitunter auch längere Zeit, ehe sich Bacterien einfinden. Ein Reagenzcylinder, in welchem am 16. April eine Erbse gekocht, und dessen freie aufrechte Spitze offen geblieben war, hielt sich sieben Wochen lang bis zum 26. Mai ohne Bacterien; dann aber begann Fäulniss unter steigender Trübung, bis schliesslich die Erbse durch Auflösung der Intercellularsubstanz und Auseinanderfallen der Zellen in stinkenden schmutzigen Brei zerflossen war. Wasser, das in einem offenen Kölbchen am 11. März mit einer Erbse gekocht war, blieb klar bis zum 11. April; dann begann die Trübung, die von Tag zu Tag zunahm. Ein Reagenzcylinder, in welchem am 16. April 3 G. hartes Hühnereiweiss mit 10 G. Wasser gekocht, und der dann durch Zuschmelzen hermetisch verschlossen war, blieb bacterienfrei, das Wasser klar, das Eiweiss fest und ungefärbt bis zum 21. November, wo durch einen Sprung der Hals aufgebrochen wurde; sofort trat Fäulniss ein; am 25. November war schon alles durchgefault. Es lässt sich aus diesen und hundert ähnlichen Versuchen schliessen, dass zwar aus der Luft die Inficirung mit Bacterien nur langsam und weit schwieriger geschieht, als durch Wasser und unreine Oberflächen, dass jedoch der Staub, der nebst grösseren Körpern (z. B. Fliegen, Motten und andern Insekten) in offene Gefässe fällt, früher oder später auch Bacterien einführt.

Dass endlich Bacterien der Siedhitze nicht widerstehen, scheint selbstverständlich; ja der Analogie nach sollte vermuthet werden, dass schon Erwärmen auf Temperaturen unter 100° die Bacterien tödten müsse. Wenn jedoch derartige Versuche mit thierischen oder pflanzlichen Geweben angestellt werden, so geben dieselben auffallend

unsichere und widersprechende Resultate; ja es fehlt nicht an Angaben der zuverlässigsten Beobachter (Schwann u. A.), dass selbst Erhitzen auf und über 100° die Entwicklung der Bacterien nicht immer hindert. Pasteur giebt die äusserste Widerstandsgrenze für Bacterien in sauer reagirender Milch auf 105° C. an. Auf die Beobachtungen von Wyman und Crace Calvert, welche noch weit höhere Temperaturen annehmen, will ich hier nicht weiter eingehen.

Im Juni 1871 stellte ich mit Unterstützung des Herrn Stud. Troschke derart Versuche an, dass je eine geschälte Erbse in einem Kölbchen mit circa 5 G. destillirtem Wasser gekocht, abgekühlt, sodann ein Bacterientropfen zugesetzt, darauf das Kölbchen im Wasserbade bei einer bestimmten Temperatur $\frac{1}{4}-\frac{1}{2}$ Stunde erwärmt, sodann der Kolbenhals mit Baumwolle verstopft wurde. Das Resultat war folgendes:

Nach Erwärmung auf 45°, 55°, 60° begann Fäulniss innerhalb drei Tagen; bei 65° trat anfänglich keine Veränderung ein, doch begann das Faulen etwas später; bis zum 7. August war die Erbse in gelbbraunen schmutzigen Brei aufgelöst.

Bei 75° faulte die Erbse nicht; das Wasser blieb jedoch nicht klar, sondern opalisirte und bildete einen geringen Bacterienabsatz; bei einem zweiten Versuch trat Fäulniss ein.

Bei 80° faulte die Erbse nicht; das Wasser blieb klar, es entwickelte sich ein weisses Mycel, das bis zum 20. Juni als Penicillium fructificirte; in einem zweiten Versuch zeigten sich nach $\frac{1}{2}$ stündiger Erhitzung weder Bacterien noch Penicillium, noch Fäulniss; in einem dritten trat, trotz dreiviertelstündiger Erhitzung, nach ein Paar Tagen Fäulniss ein; ein vierter gab nach halbstündiger Erhitzung geringe Trübung und Absatz, doch keine Fäulniss.

Bei Temperaturen über 80° trat weder Bacterienentwicklung noch Fäulniss ein.

Die Ungleichheit der Resultate zwischen 65 und 80° schrieb ich anfänglich dem Umstande zu, dass in unseren Versuchen die höhere Temperatur zu kurze Zeit eingewirkt, und dass nur der Bauch der Kölbchen im Wasserbade eingesenkt war, der Hals herausragte; dass also möglicherweise durch den Wasserdunst Bacterien in diesen kälteren Theil geführt wurden, wo sie in niederer Temperatur lebendig bleiben und später in das Innere des Kölbchens zurückfliessen konnten. In der That ergab sich, dass, wenn das Wasser im Kölbchen kochte, das Thermometer in der Mitte des Halses nur 78—79°, nahe der Mündung des Halses 50, 53, 57, 59° im Mittel 55° zeigte. Es wurde daher eine zweite Versuchsreihe so abgeändert, dass das Kölbchen

mit 5—10 G. Aq. dest., einer Erbse und einem Bacterientropfen beschickt, am Halse zugeschmolzen, und sodann in einem Becherglase vollständig unter Wasser versenkt wurde, welches durch eine Gasflamme durch längere Zeit auf 60—100° erhitzt werden konnte. Aber auch so blieben die Resultate ungleich, indem bald keine, bald reichliche Trübung durch Bacterien erfolgte; wirkliche Fäulniss fand jedoch bei höherer Erwärmung nicht statt; nach einiger Zeit hörte die Vermehrung der Bacterien auf; diese bildeten einen geringen Absatz; die Erbsen wurden nicht merklich angegriffen; wurde das Kölbchen geöffnet, so entwich Gas unter Zischen, das offenbar unter starkem Druck gestanden war; bei einem unter Wasser geöffneten Kölbchen entwich das Gas so gewaltsam, dass die ganze Flüssigkeit im Moment herausgeschleudert wurde; das Gas hatte einen Geruch nach Buttersäure; bei der mikroskopischen Untersuchung stellte sich heraus, dass sich in der Regel nicht *Bacterium Termo,* sondern *Bacillus subtilis* vermehrt, und zum Theil zu Leptothrixfäden und dichten Haufengewirren entwickelt hatte. Es scheint demnach, dass in diesem stärker erhitzten Kölbchen nicht Fäulniss, sondern Buttersäuregährung eingetreten war, woran allerdings auch die begrenzte Luftmenge ihren Antheil hatte; doch scheint in der That *Bacillus* höheren Temperaturen länger zu widerstehen als *B. Termo.* In Kölbchen, welche längere Zeit gekocht waren, entwickelten sich überhaupt keine Bacterien.

Für die Ungleichheit der Resultate bei Erwärmung thierischer oder pflanzlicher Gewebe zwischen 60 und 100°, welche bald Bacterien entwickeln lässt, bald nicht, weiss ich keine andere Erklärung, als dass diese Körper in trockenem Zustande eingeführt, notorisch sehr schlechte Wärmeleiter sind, dass sie die Temperatur des heissen Wassers nur sehr langsam und ungleich annehmen, und daher möglicherweise einzelne Bacterien von der Einwirkung der höheren Temperaturgrade geschützt bleiben. Es schien daher wünschenswerth, die Frage dadurch zu vereinfachen, dass alle festen und trockenen Körper ausgeschlossen und die absolute Temperaturgrenze, bis zu welcher Bacterien lebendig und entwickelungsfähig bleiben, durch Erwärmen derselben in einer künstlichen Nährflüssigkeit ermittelt wurde.

Auf meine Bitte übernahm Herr Dr. Horwath aus Kiew im pflanzenphysiologischen Institut diese Versuchsreihe, und ich erlaube mir die Resultate derselben hier nach seinem Berichte anzuschliessen:

„Es wurden 100 G. einer Normal-Nährflüssigkeit nach der schon oben (p. 196) angeführten Vorschrift angefertigt.

In diese Lösung wurde 1 C. C. Bacterien-Flüssigkeit (Wasser, welches sehr viel bewegliche Bacterien enthielt) gegossen und dann das Ganze zur gleichmässigen Vertheilung geschüttelt. Mit dieser, Bacterien und die zu deren Entwickelung nöthigen Nährstoffe enthaltenden Flüssigkeit wurden gleich grosse Kölbchen gefüllt und dann zugeschmolzen.

Die Erwärmungs-Versuche zeigten ausnahmslos die vollkommenste Bestätigung der früher zahlreich gemachten Versuche, wonach 20 Minuten langes Verweilen der bacterienhaltigen Flüssigkeit in Wasser von 100° C., die Fähigkeit der Bacterien sich zu vermehren total vernichtet.

Aus diesem Grunde richteten sich seit dieser Zeit unsere Versuche nur auf die Wirkung der Temperaturen unter 100° C., ohne Berücksichtigung der Angaben, nach welchen die Bacterien 100° C. und mehr aushalten sollten.

Wir halten es für nöthig, sogleich die Methode anzugeben, mit welcher wir unsere Resultate erlangten; dieselbe zielte hauptsächlich darauf hin, dass das ganze Kölbchen die erwünschte Temperatur annähme.

Die bacterienhaltige Nährflüssigkeit wurde zu je 5 C. C. in 10 C. C. fassende Kölbchen von gleicher Form hinein gethan.

Dann wurden die Kölbchen zugeschmolzen und unter warmem Wasser bei verschiedenen Temperaturen bald kürzere bald längere Zeit gehalten; wobei die Kölbchen von Zeit zu Zeit, ohne aus dem Wasser gehoben zu werden, geschüttelt wurden.

Als Parallel- und Controlversuche wurden immer zwei Reagenz-Cylinder mit derselben Bacterien-Flüssigkeit gefüllt und nicht gekocht; der eine von ihnen zugeschmolzen, der andere offen gelassen; beide zeigten stets reiche Bacterien-Vermehrung; was ihre und ihrer Genossen Lebensfähigkeit deutlich documentirte.

Bei diesen Versuchen stellte sich ohne Ausnahme heraus, dass sich in den Kölbchen, welche während einer Stunde einer Erwärmung von 60—62° C. unterworfen waren, keine Bacterien entwickelten und dass die hineingethane Flüssigkeit daher vollkommen klar blieb; Kölbchen mit Bacterien-Flüssigkeit dagegen, welche nur auf 50° C. oder 40° C. erwärmt wurden, wurden getrübt in Folge der Vermehrung der Bacterien nach einer Zeit von zwei bis drei Tagen.

Man braucht kaum zu erwähnen, dass in Kölbchen, welche eine Erwärmung von 70, 80, 90° C. erlitten, niemals eine Trübung eintrat.

Die Thatsache, dass die Trübung in einem Kölbchen, welches nur eine Stunde einer Temperatur von 50—52° C. unterworfen wurde,

weit früher eintrat als in einem solchen, das zwei Stunden dieselbe Temperatur auszuhalten hatte, lässt vermuthen, dass 60° C. wahrscheinlich nicht die niedrigste Temperatur ist, welche die Bacterien tödtet, sondern dass eine vielleicht wenige Grade geringere Wärme schon genügt, ihre Vermehrung zu hindern.

Dass indess das längere Erwärmen allein in einem solchen Falle nicht schädlich ist, beweist die schon am ersten Tage eingetretene Trübung in einem Kölbchen, welches drei Stunden lang (also länger wie alle früheren) einer Erwärmung von 40° C. ausgesetzt war.

Wenn die Versuche gezeigt haben, dass 60 Grad und vielleicht noch weniger Wärme im Stande ist, die Bacterien-Entwicklung zu verhindern; so ist damit nicht gesagt, dass bei praktischer Anwendung 100° C. Wärme zur Tödtung der Bacterien nicht nöthiger wären als 60° C.; denn unsere späteren Versuche zeigten, dass in einem Kölbchen, welches neben der angewandten Nährflüssigkeit noch eine Lupine enthielt, Bacterien sich entwickelten, obgleich unter denselben Bedingungen (Erwärmung in demselben Gefässe zu gleicher und während der gleichen Zeit) ein anderes Kölbchen mit derselben Flüssigkeit — aber ohne Lupine — keine Spur von Trübung wahrnehmen liess.

Wenn unsere Versuche demnach ergeben, dass in künstlicher Nährflüssigkeit die Bacterien durch eine Temperatur von höchstens 60° ihrer Entwicklungsfähigkeit beraubt werden, so können die entgegenstehenden Beobachtungen, bei denen Bacterien, welche mit organischen Geweben bis zu 100° erhitzt worden, dennoch Vermehrung zeigten, wohl nur aus einer nicht gleichmässigen Erwärmung erklärt werden."

Was das Verhalten der Bacterien gegen niedere Temperaturen anbelangt, so ist es eine bekannte Thatsache, dass durch die Kälte der Eintritt der Fäulniss aufgehalten, und daher auch die Lebensthätigkeit, und insbesondere Vermehrung der Bacterien suspendirt wird, während mit steigender Temperatur beide Erscheinungen gleichmässig beschleunigt werden. Jedermann weiss, dass im Winter Fleisch langsamer fault, Milch langsamer gerinnt, Bier später sauer wird, als im Sommer. Die Mammuthleichen, welche mit Haut und Haar sich im sibirischen Eise durch ungezählte Jahrtausende unverändert erhielten, sofort aber in kürzester Zeit durch Fäulniss zerstört werden, sobald sie durch Schmelzen des Eises einer etwas höheren Temperatur ausgesetzt sind, beweisen, dass unter 0° eine Fermentthätigkeit der Fäulniss-Bacterien überhaupt nicht eintritt. Es war daher von Wichtigkeit zu ermitteln, ob durch Erfrieren die Bacterien in derselben Weise getödtet werden, wie dies durch Erwärmen bis auf 60° von

uns nachgewiesen ist. Die von Herrn Dr. Horwath angestellten Versuche stellten jedoch das Gegentheil heraus; sie weisen darauf hin, dass diese Organismen eine sehr bedeutende Kälte ohne Nachtheil aushalten können. Die Erfrierungsversuche wurden folgendermassen angestellt: ein Reagenzcylinder wurde am 6. Juni 1872 zur Hälfte mit bacterienhaltiger Nährflüssigkeit gefüllt und mit einem Kork verschlossen, durch den ein Thermometer gesteckt war, das bis in die Flüssigkeit reichte. Zur Sicherheit war der Kork sorgfältigst ausgekocht, das Thermometer mit Ammoniak gereinigt und das Glas des Reagenzcylinders über der Flüssigkeitssäule ausgeglüht.

Hierauf wurde der Cylinder bis zum oberen Rand in eine Kälte-Mischung gesteckt, zugleich mit ihm auch ein zugeschmolzenes, mit der nämlichen Bacterien-Flüssigkeit versehenes Kölbchen in die Kälte-Mischung gebracht.

Der Verlauf der Temperatur im Reagenzcylinder war folgender:

12 h. 30′	Temperatur	0° C.
1 h. 30′	„	— 16° C.
1 h. 45′	„	— 17° C.
3 h. 30′	„	— 18° C.
4 h. 30′	„	— 18° C.
5 h.	„	— 17,5.
6 h.	„	— 14° C.
7 h. 30′	„	— 9° C.

Am folgenden Tage (7. Juni) wurden diese Gefässe bei 15° C. Lufttemperatur ganz klar herausgenommen; am 8. Juni war nach einer mehr als siebenstündigen Erfrierung eine deutliche Vermehrung der Bacterien durch Trübung der Flüssigkeit zu erkennen.

Eine zweite Reihe von Versuchen theils mit zugeschmolzenen Kölbchen, theils in den auf obenerwähnte Art behandelten Reagenz-Cylindern, in denen durch 18 Stunden bacterienhaltige Nährflüssigkeit dem Erfrieren ausgesetzt wurde, wobei jedoch die Temperatur nicht unter — 7° C. fiel, liess ebenfalls in sämmtlichen Gefässen nach dem Aufthauen Bacterienvermehrung deutlich erkennen.

Aus diesen Versuchen ergiebt sich, dass die Bacterien durch sehr niedrige Temperaturen, die mehrere Stunden einwirken, nicht getödtet werden; wohl aber verfallen dieselben schon bei 0°, wahrscheinlich schon bei etwas höherer Temperatur, in Kältestarre, in welcher sie ihre Beweglichkeit und Vermehrung, und in Folge dessen auch ihre Fermentwirkung, nicht aber die Fähigkeit verlieren, bei höherer Temperatur ihre Entwickelung wieder zu beginnen. Beim Aufthauen einer Versuchsflüssigkeit,

in welcher auch *Spirillum volutans* mit eingefroren war, liess sich direct unter dem Mikroskop beobachten, dass die Schraubenfäden längere Zeit völlig unbewegt und scheintodt waren, allmählich aber bei steigender Erwärmung des Objectglases kehrten sie in's Leben zurück und fingen ihre Bewegungen wieder an. *Euglenen*, die mit eingefroren waren, waren dagegen sämmtlich getödtet und desorganisirt, desgleichen alle höheren Infusorien und Räderthiere, mit Ausnahme encystirter Vorticellen, deren contractile Vacuole die Fortdauer des Lebens bezeugte.

Breslau, im August 1872.

Figuren-Erklärung.

Tafel III.

Fig. 1. *Micrococcus prodigiosus (Monas prodigiosa* Ehr.) Kugelbacterien des rothen Pigment einzeln, zu 2, auch zu 4 zusammenhängend; die übrigen Pigmentbacterien sind von dieser durch das Mikroskop nicht zu unterscheiden.

Fig. 2. *Micrococcus vaccinae.* Kugelbacterien aus der Pockenlymphe in Vermehrung, zu kurzen 4—8 gliedrigen, graden oder verbogenen Ketten und zu unregelmässigen Zellhaufen verbunden.

Fig. 3. Zoogloeaform der Micrococcusarten, Häute oder Schleimschichten durch dichte feingekörnte Punktirung charakterisirt. *(Mycoderma* Pasteur.)

Fig. 4. Rosenkranzketten (Torulaform) von *Micrococcus Ureae* aus dem Harn.

Fig. 5. Rosenkranzketten und hefeartige Zellhaufen aus dem weissen Absatz einer sauer gewordenen Lösung von Milchzucker.

Fig. 6. *Sacharomyces glutinis. (Cryptococcus glutinis* Fresen.) Sprossende Hefe, bildet schöne rosa Häufchen auf gekochten Kartoffeln.

Fig. 7. *Sarcina spec.** aus dem Blute eines gesunden Mannes,** auf der Oberfläche eines mit *Micrococcus luteus* überzogenen Hühnereies, gelbe Häufchen bildend.

Fig. 8. *Bacterium Termo,* frei bewegte Form.

Fig. 9. Zoogloeaform von *Bacterium Termo.*

Fig. 10. Bacterienhaut, durch linienartig aneinandergereihte Stäbchenbacterien gebildet, von der Oberfläche sauer gewordenen Bieres.

Fig. 11. *Bacterium Lineola,* frei bewegte Form.

Fig. 12. Zoogloeaform von *B. Lineola.*

Fig. 13. Bewegliche Fadenbacterien mit kugligen oder elliptischen stark lichtbrechenden Köpfchen, vielleicht aus Gonidien gekeimt.

Fig. 14. *Bacillus subtilis*, kurze Cylinder und längere, sehr flexile, z. Th. in Theilung begriffene bewegliche Fäden.

Fig. 15. *Bacillus Ulna*, einzelne Glieder und längere Fäden, z. Th. in ihre Glieder zerbrechend.

Fig. 16. *Vibrio Rugula*, einzeln oder in Theilung, bei * scheinbar angeschwollen in Folge rascher Rotation.

Fig. 17. *Vibrio serpens*, Fäden länger oder kürzer, z. Th. in Stücke sich theilend, bei * zwei Fäden umeinander gedreht.

Fig. 18. Schwarm von *V. serpens*, die Fäden verfilzt.

Fig. 19. *Spirillum tenue*, einzeln und in Schwärmen verfilzt.

Fig. 20. *Spirillum Undula.*

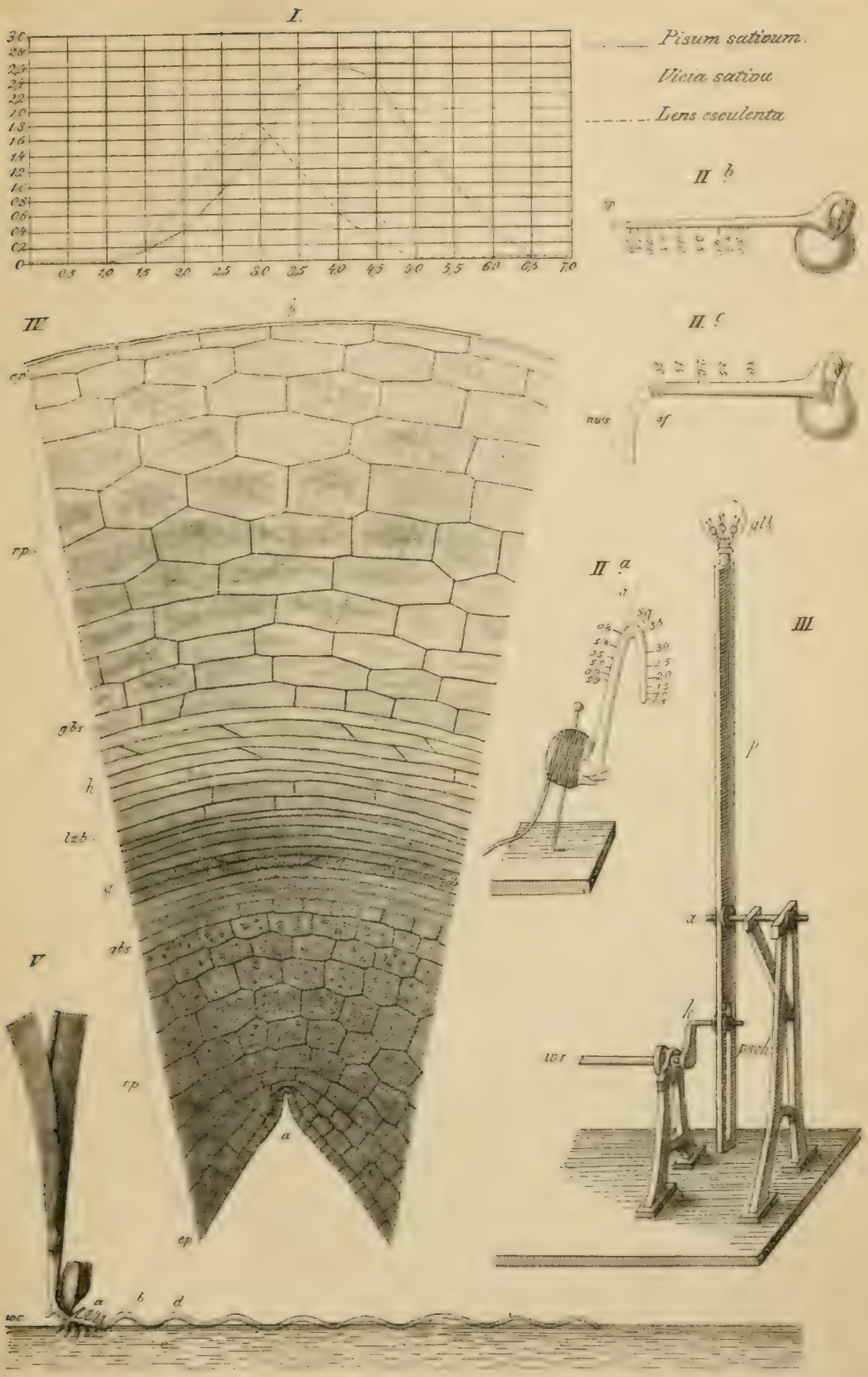
Fig. 21. *Spirillum volutans*, * zwei Spiralen umeinander gedreht.

Fig. 22. *Spirochaete plicatilis.*

Sämmtliche Figuren sind von mir mit der Immersionslinse IX. Hartnack Ocular III. unter einer Vergrösserung von 650 gezeichnet.

Druck von Robert Nischkowsky in Breslau.

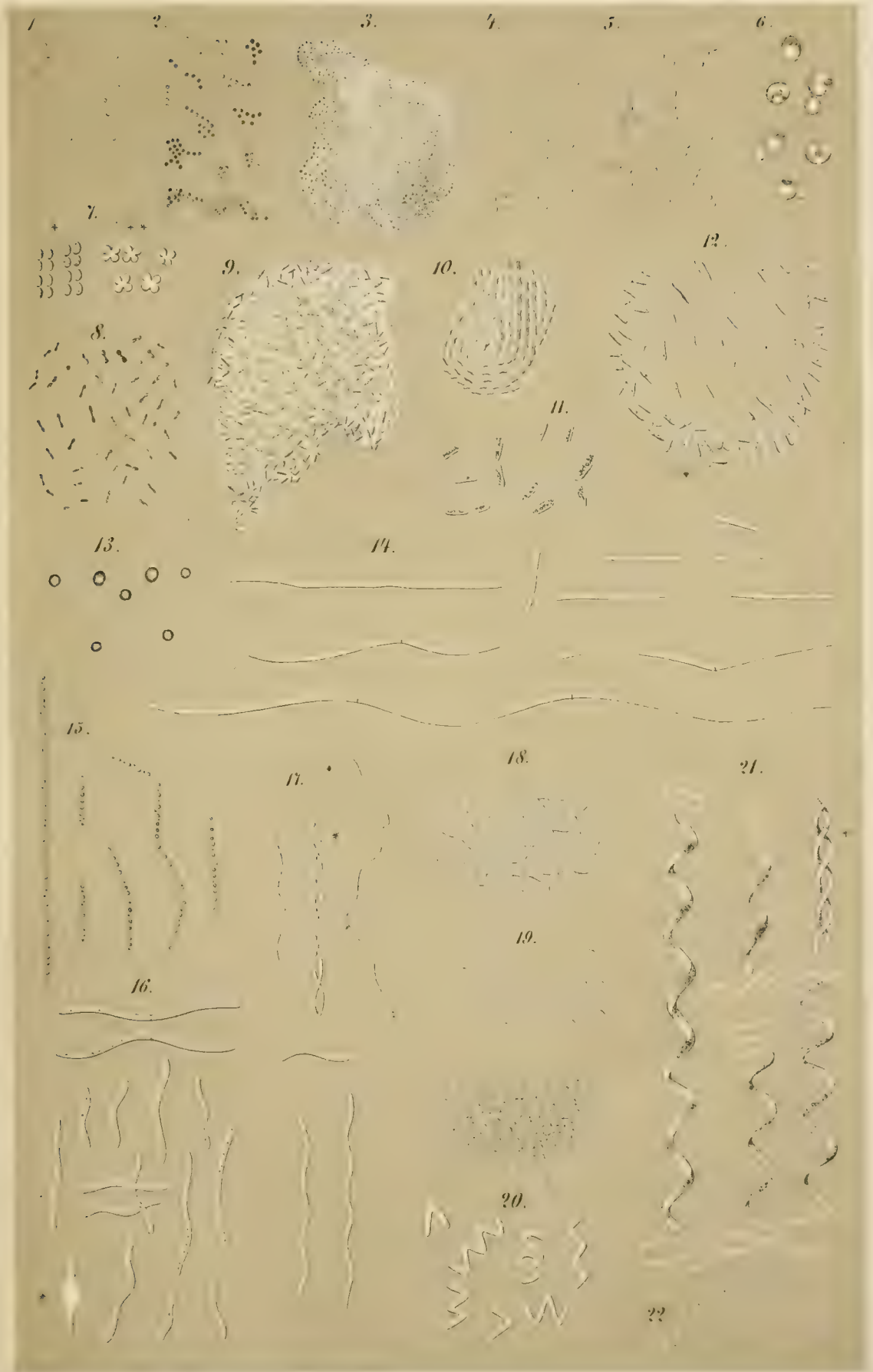
Taf. I.



Th. Ciesielski ad nat. del.

A. Assmann sc.

Chlorochytrium Lemnae Cohn.


1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
15.
16.
17.
18.
19.
20.
21.
22.

Beiträge

zur

Biologie der Pflanzen.

Herausgegeben

von

Dr. Ferdinand Cohn.

Drittes Heft.

Mit sechs zum Theil farbigen Tafeln.

Breslau 1875.
J. U. Kern's Verlag.
(Max Müller).

Inhalt des dritten Heftes.

Seite.

Entwicklungsgeschichte einiger Rostpilze. Von Dr. J. Schroeter. . . 1

Untersuchungen über den Widerstand, den die Hautgebilde der Verdunstung entgegensetzen. Von Dr. L. Just. 11

Prüfung einiger Desinfectionsmittel durch Beobachtung ihrer Einwirkung auf niedere Organismen. Von Dr. J. Schroeter. 30

Ueber die einseitige Beschleunigung des Aufblühens einiger kätzchenartigen Inflorescenzen durch die Einwirkung des Lichtes. Von Dr. A. B. Frank. 51

Ueber die Function der Blasen von *Aldrovanda* und *Utricularia* von Dr. Ferdinand Cohn (Mit Tafel I.) 71

Die Entwickelungsgeschichte der Gattung *Volvox*. Von Dr. Ferdinand Cohn. (Mit Tafel II.) 93

Untersuchungen über *Pythium Equiseti*. Von Dr. Richard Sadebeck. (Mit Tafel III. und IV.) 117

Untersuchungen über Bacterien. II. Von Dr. Ferdinand Cohn. (Mit Tafel V. und VI.). 141

Untersuchungen über Bacterien. III. Beiträge zur Biologie der Bacterien. 1. Die Einwirkung verschiedener Temperaturen und des Eintrocknens auf die Entwicklung von *Bacterium Termo* Duj. Von Dr. Eduard Eidam. 208

Entwicklungsgeschichte einiger Rostpilze.

Von

Dr. J. Schroeter.

Nachdem De Bary bewiesen hatte, dass *Puccinia graminis* Pers., *P. straminis* Fckl. und *P. coronata* Cd. ihre Spermogonien und Aecidien-Früchte auf anderen Nährpflanzen ausbilden, die von denen ihrer Uredo- und Teleutosporen weit verschieden sind, ist die Ansicht herrschend geworden, dass auch zu den anderen auf Gräsern und Riedgräsern vorkommenden Uredineen Aecidien gehören, welche wie bei den obengenannten auf Gewächsen aus anderen Familien zu suchen sein würden.

Fuckel hat nach dieser Zeit wahrscheinlich gemacht, dass das auf *Pulicaria dysenterica* (L.) vorkommende *Aecidium zonale* Duby durch das Einkeimen der Sporidien von *Uromyces Junci* Tul. hervorgerufen ist; soweit mir bekannt, ist dies aber bis jetzt der einzige Versuch gewesen, diesen zweihäusigen Parasitismus für die Rostpilze der Glumaceen weiter zu begründen.

Die hier mitzutheilenden Beobachtungen werden vielleicht genügend erscheinen, für zwei andere dieser Uredineen eine der *Puccinia graminis* ähnliche Entwickelung anzunehmen.

1) Auf *Carex hirta* L. findet sich nicht selten eine Uredinee, die ich zu *Puccinia Caricis* DC. rechne. Ihre dunkelrostbraunen Uredo-Häufchen treten auf der Unterseite der Blätter auf, sparsam schon von Anfang Mai, sehr reichlich vom Juni an. Die einzelnen Sporen werden auf einer farblosen Unterlage von kurzen Stielchen abgeschnürt, die meist kürzer als die Sporen bleiben. Diese sind kuglig, elliptisch oder eiförmig, durchschnittlich 23 (20 bis 26) Mikrom. lang, 19 (17 bis 20) breit, das Episporium, welches sich sehr bald kastanienbraun färbt, in Abständen von c. 3 Mikrom. mit 1,5 Mikrom. hohen dreieckigen spitzen Erhabenheiten gleichmässig besetzt, am Scheitel nicht verdickt, seitlich meist mit zwei verdünnten Stellen (Keimporen) versehen. Der Inhalt ist von Anfang an farblos.

Die Teleutosporen finden sich vom August an. Anfangs erheben sie sich zwischen den Uredosporen, dann, so wie die Bildung des Uredo aufhört, in isolirten Häufchen, bis spät in den November hinein fortdauernd. Diese schimmern in der Jugend als honiggelbe Punkte durch die Oberhaut, dann treten sie als kohlschwarze, schliesslich in ihrer ganzen Oberfläche von der Epidermis entblösste Polster zu Tage. Sie finden sich fast nur auf der Unterseite der Blätter und sind hier in langen parallelen Längsreihen geordnet. Diese Anordnung entspricht nicht einer specifischen Vegetationsweise des Pilzes, sondern dem anatomischen Baue des Blattes, da das Mycel vorzugsweise an der mit Spaltöffnungen reich versehenen Unterseite, wo auch die Hauptmasse des chlorophyllhaltigen Blattparenchyms liegt, wuchert, und seine Ausbreitung durch die bis an die Epidermis tretenden Hauptgefässbündel des Blattes linienförmig unterbrochen wird. — Die Sporen stehen sehr dicht in den Häufchen und haften sehr fest an ihrer Unterlage, so dass sie sich auch von dem vertrockneten Blatte nicht ablösen. Die Stiele sind durchschnittlich 20 Mikrom. lang und 4 bis 5 breit, steif, hellbraun. Die Sporen sind keulenförmig, in der Mitte etwas zusammengeschnürt, durchschnittlich 43,5 (39 bis 45) Mikrom. lang, (die untere Zelle oft etwas länger als die obere) an der Scheidewand 13,8 (12 bis 15) in der Mitte der oberen Zelle 17,8 (15 bis 20) Mikrom. breit. Die Membran ist hellbraun, am Scheitel nur wenig dunkler, glatt, im Allgemeinen 2 bis 3, am Scheitel 6,8 (5 bis 8) Mikrom. dick, hier in der Mitte mit einer kegelförmigen Höhlung (Keimporus).

Der Inhalt ist von Anfang an farblos; in der Mitte jeder Zelle findet sich eine kuglige blassere Stelle.

Die Gestalt der einzelnen Sporen ist sehr verschieden, sie sind theils länger gestielt, und dann am Scheitel abgerundet oder abgeflacht, die unteren Zellen keilförmig in den Stiel verschmälert, theils sind sie kurz gestielt, die Scheitelverdickung zugespitzt oder kielförmig, zweischneidig, verbreitert, die unteren Zellen breiter. Diese beiden Formen erklären sich durch den Druck der eng beisammen stehenden Sporen auf einander, indem die ersteren den früher gebildeten, oft durch den Druck der Oberhaut abgeflachten Sporen entsprechen, die anderen den später gebildeten, welche sich in die Lücken zwischen den ersteren einpressen.

Häufig finden sich einzellige Teleutosporen, die dann ziemlich lang gestreckt, bis 32 Mikrom. lang und 15 breit, am Scheitel mit der charakteristischen Membranverdickung versehen sind.

Einigemal sah ich einzelne Sporen aus drei senkrecht übereinan-

der stehenden Zellen gebildet, sie können nur als Abnormitäten angesehen werden.

In Bezug auf die Entwickelung dieser Puccinie musste in Erwägung gezogen werden, dass sich ein grosser Theil der Blätter von *Carex hirta* den Winter über frisch erhält, so dass das Mycel in denselben überwintern und im Frühjahr frischen Uredo bilden könnte. Ein solches Verhalten zeigt auffallend *Puccinia Luzulae* Cd. Pflanzen von *Luzula pilosa* L., die am oberen Theile der Blätter mit den Teleutosporen dieses Pilzes besetzt waren, hatten am unteren Theile derselben gelbrothe Flecke, die von Mycel durchzogen waren. Als ich die Pflanzen im warmen Zimmer im Winter weiter cultivirte, traten aus diesen Flecken sofort Uredolager auf, die ihre orangerothen Sporen aus kleinen Oeffnungen der Epidermis rankenförmig ausstiessen. Ich zweifle nicht daran, dass dieser Vorgang auch im Freien bei Beginn der wärmeren Jahreszeit stattfindet, und dass hiermit eine Weiterverbreitung der betreffenden Puccinie auch ohne Aecidienbildung eintreten kann.

Bei *P. Caricis* liegt dieselbe Möglichkeit vor, aber immerhin bleibt auch dann nicht ausgeschlossen, dass ein Aecidium in den Entwicklungskreis gehört; bei einem so weit verbreiteten Pilze lässt sich vielmehr erwarten, dass seine Fortpflanzung nicht auf die blosse Möglichkeit eines überwinternden Mycels begründet ist.

Ich hatte seit längerer Zeit die Vermuthung, dass *Aecidium Urticae* Schum. die hierher gehörige Fruchtform sei. Dieses überall vorkommende *Aecidium* musste jedenfalls in den Entwicklungskreis einer allverbreiteten Uredinee gehören, und seine besondere Häufigkeit in der Nähe von Gräben und an feuchten Waldstellen liess erwarten, dass sich die zu ihm gehörigen Teleutosporen an einer Sumpfpflanze finden würden. Vor einigen Jahren hatte ich versucht, junge Pflanzen von *Urtica dioica* L. durch *Puccinia arundinacea* Hedw. f. zu inficiren. Die auf Blättern von *Phragmites* im März eingesammelten Sporen keimten in feuchter Luft sehr schnell und gleichmässig, und bildeten ganz wie *P. graminis* Pers., farblose Sporidien, diese keimten aber nie in die Nesselblätter ein, wiederholte Infectionsversuche blieben ohne allen Erfolg. Hiernach war es mir um so wahrscheinlicher, dass das *Aec. Urticae* zu *Pucc. Caricis* gehöre.

Um dies zu prüfen holte ich im Januar dieses Jahres Rhizome von *Urtica dioica* von verschiedenen Standorten, reinigte sie von etwaigen Verunreinigungen und setzte sie in Töpfen ins warme Zimmer.

Zu gleicher Zeit sammelte ich im Freien überwinterte Blätter von *Carex hirta* ein, die reichlich mit *P. Caricis* besetzt waren.

Ende Januar wurden diese Blätter auf feuchte Erde gelegt und mit einer Glasscheibe überdeckt. Bei der gewöhnlichen Zimmertemperatur begann sich jetzt sofort die Keimung vorzubereiten. Das an der Wand anliegende Protoplasma dehnte sich aus und erfüllte als feinkörniger Inhalt die Sporenzellen. In ihrer Mitte blieb nur eine kuglige Vacuole von c. 6 Mikrom. im Durchmesser. Die Sporenmembran schien dabei dünner und heller zu werden. Das Plasma wurde dann schaumig, die Vacuolen vermehrten sich, nach 24 Stunden hatten die Sporen gekeimt. Die Keimung geschah sehr gleichmässig über alle Räschen eines Blattes, die obere Zelle keimte immer bedeutend früher. Die Schläuche (Promycelien) traten an der oberen Zelle in der Mitte der Verdickung durch den Keimporus, an der unteren dicht unter der Scheidewand aus, sie wurden c. 80 Mikrom. lang, 4 breit und waren mit farblosem Protoplasma gefüllt. Im oberen Theile krümmten sie sich meist halbkreisförmig zur Unterlage zurück, und gaben hintereinander meist 4 pfriemliche Sterigmen von 10 bis 15 Mikrom. Länge ab, an deren Spitze sich je eine Sporidie bildete. 24 Stunden nach der Keimung war ihre Ausbildung vollendet, die Räschen erschienen weiss bestäubt. Die Sporidien waren eiförmig, an der einen Langseite abgeflacht, an der Ansatzstelle spitz, 10 Mikrom. lang, 6,6 breit, mit leicht gelblichem, stark lichtbrechendem Plasma erfüllt.

Sie sind sofort keimfähig. Auf einer feuchten Glasplatte trieben sie pfriemliche Schläuche, so lang als die Sterigmen der Promycelien, an deren Spitze sich eine secundäre Sporidie, ziemlich von der Gestalt und Grösse der ersten bildete.

Wurden Sporidien auf junge Blätter von *Urtica dioica* gebracht, so keimten sie in das Gewebe ein. Nach 2 Tagen waren an der Aussaatstelle viele isolirte Zellen der Epidermis gebräunt, und zwischen den Zellen des Blattparenchyms fand sich ein c. 3 Mikrom. breites, vielfach verzweigtes, farbloses Mycel. Eine Weiterentwicklung von diesen Stellen aus konnte ich nicht verfolgen, denn die so inficirten Blätter fielen ab und vom Stamme getrennt gehen die Nesselblätter schnell zu Grunde.

Andere Versuche hatten dagegen schnellen Erfolg.

Am 1. Februar wurden die jungen *Urtica*-Pflanzen mit Blättern, auf denen sich keimende *P. Caricis* fand, bedeckt. Am 10. Februar zeigten sich auf einigen an der Spitze der Triebe entwickelten Blättchen kleine rothe Flecke, an denen am 12. deutlich orangerothe

kegelförmige Hervorragungen, die an der Spitze ein Schleimtröpfchen trugen, erkennbar waren, offenbare Spermogonien. Am 13. war an jeder von 5 inficirten Pflanzen je ein Blättchen auf der Oberseite mit mehreren, aus 5 bis 6 Spermogonien gebildeten Flecken besetzt. Am 16. wurden 7 Blätter mit Spermogonienflecken gezählt, einige Flecke auch am Stengel, die Zahl der Spermogonien in den einzelnen Flecken war bis auf 16 gewachsen. Am 20. wurden 15, am 24. 19 inficirte Blätter notirt. Am 1. März traten gegenüber den Spermogonien weisse, halbkuglige Erhabenheiten auf, die am folgenden Tage schon gelb wurden und zum Theil in der Mitte aufbrachen, orangerothe Sporen entleerend, die Aecidien. Nach und nach fanden sich im Umfange der ersten immer neue Aecidien ein, und gleichzeitig mit ihrer Entwicklung schwollen die Stengel und Blattstiele federkielartig an, während die inficirten Stellen der Blätter blasenförmig aufgetrieben wurden.

Einige der Nesselpflanzen waren nicht mit *Carex*-Blättern bedeckt worden, auf ihnen entwickelten sich auch keine Spermogonien und Aecidien.

Eine zweite Versuchsreihe wurde am 17. Februar begonnen. 13 Sprossen von *Urtica dioica* wurden reichlich mit Blättern von *Carex hirta,* auf denen keimende *P. Caricis* war, umhüllt. Am 10. März zeigten sich 11 von den Pflanzen sehr stark inficirt. Spermogonien-Häufchen waren am Grunde der Stengel, an den Blattstielen und an sämmtlichen jungen Blättern sehr reichlich entwickelt, während die älteren Blätter sämmtlich abgefallen waren. Am nächsten Tage schimmerten schon in der Umgebung der Spermogonien junge Aecidien durch, und die Stengel schwollen an.

In einigen Tagen waren fast die ganzen Pflanzen über und über mit Spermogonien- und Aecidien-Flecken überzogen.

Ich glaube, dass ich nach diesen Erfahrungen *Aecidium Urticae* Schum. als eine Fruchtform der *Puccinia Caricis* DC. auffassen muss.

Ueber den Bau der Spermogonien und Aecidien habe ich kaum etwas zu sagen, das nicht allgemein bekannt wäre. Die Spermogonien sind kuglig, 100 bis 120 Mikrom. im Durchmesser, orangeroth, an der Mündung mit pfriemlichen, auseinandergespreizten, bis 80 Mikrom. langen, am Grunde 5 bis 6 Mikrom. breiten Haaren. Die Spermatien erscheinen in Menge orangeroth, einzelne leicht gelblich, stark lichtbrechend, elliptisch oder cylindrisch, 4 bis 5 Mikrom. lang, c. 2 breit. In feuchtem Raum gehalten, zeigten sie während einiger Tage keine Veränderung.

Die Aecidienbildung ist von einer gallenartigen Anschwellung

an der Nähr-Pflanze begleitet, die so stark wird wie vielleicht bei keiner durch eine andere Uredinee inficirten Pflanze. Am Stengel bilden sich fingerdicke, manchmal fingerlange, gewundene Verdickungen, an den Blättern oft taschenförmige Auftreibungen, die den blasenförmigen, durch Blattläuse hervorgerufenen Gall-Taschen ähneln. Diese Gallen werden durch sehr starke Anschwellung der Parenchymzellen gebildet, zwischen denen das 3 bis 5 Mikrom. breite, farblose Mycel des Pilzes dichte und dicke Lager bildet, ohne in die Zellen selbst einzudringen. — Die Becher werden sehr breit, oft bis 0,75 Millim. im Durchmesser. Ihr Peridium besteht aus dicht pflasterförmig verbundenen polygonalen Zellen, die c. 23 Mikrom. lang, 20 breit und 17 dick werden. Ihre Membran ist innen c. 5 Mikrom. stark, mit leistenförmigen Verdickungen besetzt.

Die Sporen werden in continuirlichen Ketten abgeschnürt, die lange fest vereinigt bleiben, so dass man auf den Durchschnitten leicht Reihen von 10 und mehr reifen Sporen erhält. — Die Sporen sind ziemlich gleichmässig gross, elliptisch oder polygonal, 17 bis 20 Mikrom. lang, 12 bis 16 breit. Ihre Membran ist farblos, überall gleichmässig dick, an den Stellen, die in den Ketten frei sind, mit halbkugligen, leicht ablösbaren Erhabenheiten besetzt. Der Inhalt lebhaft orangeroth.

Sie sind bald nach der Reife keimfähig. Die Keimschläuche durchbohren das Epispor an einer, oder an zwei gegenüberliegenden Stellen mit kleiner kreisförmiger Oeffnung, sie sind überall ziemlich gleichmässig 5 bis 6 Mikrom. dick. Das orangerothe Plasma rückt an der Spitze vorwärts. 24 Stunden nach Aussaat der Sporen auf eine feuchte Glasplatte waren die Keim-Schläuche schon 2 Millim. lang, an der Spitze abgerundet oder zungenförmig erweitert, oft hatten sie schon ein oder zwei kleine Seitenäste gebildet.

Aussaaten auf junge *Carex*-Blätter blieben mir im April erfolglos. An einigen Pflanzen, die ich Ende März mit *Aecidium*-Sporen bestreut hatte, sah ich Anfang Mai auf den äusseren Blättern ziemlich reichliche Räschen von junger *Puccinia*. Bei dieser Pflanze hatte ich die Infectionsversuche nicht ohne Unterbrechung verfolgen können. Ich halte es nicht nur für möglich, sondern auch für wahrscheinlich, dass sich hier die *Puccinia*-Sporen von einem überwinterten Mycel ausgebildet hatten [1]).

[1]) Dr. Magnus hat, wie er in der Gesellschaft naturforschender Freunde vom 17. Juni 1873 vortrug, bereits im Frühjahr 1872 durch Aussaat der Sporen von *Aecidium Urticae* auf *Carex hirta* den *Uredo Caricis* erhalten und daraus auf die Zusammengehörigkeit von *Aec. Urticae* mit *Puccinia Caricis* geschlossen.

2) Auf verschiedenen Gräsern kommt, wie es scheint sehr häufig und überall verbreitet eine *Uromyces*-Form vor. Ihr Uredo ist als *Epitea Poae* Tul., *Epitea Dactylidis* Otth, die Teleutosporen als *Uromyces Dactylidis* Otth, *Capitularia graminis* Niessl, *Puccinella graminis* Fckl., *Uromyces graminum* Cooke beschrieben worden. Ich bezeichne den ganzen Pilz hier als *Uromyces Dactylidis* Otth, ich habe ihn bis jetzt auf *Dactylis glomerata* L., *Poa nemoralis* L., *Poa trivialis* L., *P. pratensis* L., *Poa annua* L. und *Arrhenatherum elatius* (L.) gefunden. Die von Otth und Niessl angeführten oder vermutheten Unterschiede zwischen der auf *Poa* und der auf *Dactylis* vorkommenden Form kann ich weder für die *Epitea* noch für den *Uromyces* constatiren.

Die Uredosporen treten gewöhnlich zuerst an der Oberseite der Blätter in gelblich orangefarbenen Häufchen auf. Sie sind von der Oberhaut ganz entblösst, meist 1 Millim. lang, 0,5 breit. Die einzelnen Sporen sind elliptisch oder eiförmig, bei Wasserzusatz fast kuglig anschwellend, durchschnittlich 26 Mikrom. lang, 21 breit. Die Membran ist farblos, am Scheitel nicht verdickt, überall gleichmässig in Abständen von 1,5 bis 2 Mikrom. mit spitzen kaum 1 Mikrom. hohen Erhabenheiten besetzt. Der Inhalt ist lebhaft gelbroth. Die Sporen stehen an farblosen bis c. 20 Mikrom. langen, 4 Mikrom. breiten Stielchen, die unmittelbar unter dem Sporenansatz etwas erweitert sind.

Zwischen den Sporen, und zwar sowohl am Rande als in der Mitte der Häufchen sehr dicht, finden sich längliche etwas gekrümmte Fäden (Paraphysen), bis 66 Mikrom. lang, am Grunde 5 Mikrom. breit, An der Spitze enden sie in eine kuglige oder eiförmige Anschwellung von 13 bis 16 Mikrom. Länge und c. 12 Mikrom. Breite, die durch eine tiefe Einschnürung geschieden sind; unterhalb derselben ist der Faden noch etwas erweitert. Die Membran ist leicht gelblich, am kopfförmigen Ende bis 4 Mikrom. dick. Die Fäden sind hohl und enthalten am Scheitel zuweilen einzelne rothe Oeltröpfchen.

Während die Uredosporen immer schon Anfang Mai erscheinen, treten die Teleutosporen erst vom Juli an auf. Die Gräser sind dann meist abgemäht, und darum werden die am Grunde ihrer Halme befindlichen Sporenhäufchen leicht übersehen. Diese sind pechschwarze, flache, 1 bis 1,5 Millim. lange, 0,5 bis 1 Millim. breite unscheinbare Flecke, immer von der Oberhaut bedeckt. Die Sporen stehen sehr dicht, an bräunlichen, festanhaftenden, durchschnittlich

---

Diese Versuche waren mir erst lange nach Absendung dieser Arbeit bekannt geworden. Der Entwicklungskreis der *Puccinia Caricis* ist demnach jetzt ohne Lücken beobachtet.

24 (7 bis 27) Mikrom. langen Stielchen. Sie sind eiförmig, elliptisch oder keulenförmig, am Scheitel abgerundet oder verflacht, durch den gegenseitigen Druck oft umgekehrt pyramidenförmig oder unregelmässig polyedrisch, durchschnittlich 26 (23 bis 30) Mikrom. lang, 17 (16 bis 18) breit. Die Membran ist glatt, am Scheitel zuweilen etwas weniges, doch nie bedeutend und immer gleichmässig verdickt, hellbraun, am Scheitel dunkeler, lebhaft kastanienbraun. Der Inhalt ist immer farblos; bei den reifen Sporen findet sich in der Mitte eine kuglige Vacuole.

Das feste Anhaften der Teleutosporen an ihrem Substrat macht es möglich an den abgestorbenen Grashalmen im Frühjahr sogar noch die ausgekeimten Sporen zu finden, und dadurch wird das Aufsuchen der weiteren Entwicklungszustände sehr erleichtert.

Anfang Mai vorigen Jahres fand ich zu Freiburg i/Brg. über den ganzen N.O. Abhang des Lorettoberges verbreitet *Poa trivialis,* die reichlich mit der charakteristischen *Epitea* überzogen war. An den vertrockneten Halmen der alten Grasrasen waren überall schwärzliche Flecke zu bemerken, die aus ausgekeimten Sporen von *Uromyces Dactylidis* bestanden. Zwischen den Gräsern wuchs überall *Ranunculus repens,* und auf diesem wucherte *Aecidium Ranunculacearum* so reichlich, dass keine Pflanze und an diesen kein Blatt frei war, viele Blätter fast buchstäblich von den *Aecidium*-Bechern überzogen waren. Dieses reichliche Nebeneinander-Vorkommen der drei Uredineen musste mir die Vermuthung aufdrängen, dass sie in einen gemeinschaftlichen Entwicklungskreis gehörten, zumal ich in der Nähe weder ein anderes *Aecidium* fand, noch auch eine andere Uredoform.

Als ich später darauf achtete, traf ich in der Nähe des auf *Ranunculus bulbosus* L., *R. repens* L., *R. polyanthemos* L. wachsenden *Aecidium* immer alte Grashalme, an denen sich noch Sporen von *Uromyces Dactylidis* nachweisen liessen, andererseits sah ich auch in diesem Frühjahr wieder öfter *Aecidium Ranunculacearum* und *Epitea Poae* auf benachbarten Pflanzen auftreten.

Im Februar dieses Jahres stellte ich einige Culturen an, um mich über den vermutheten Zusammenhang dieser Pilze zu vergewissern.

Ich sammelte Blätter von *Dactylis glomerata* ein, die reich mit im Freien überwinterten Teleutosporen von *U. Dactylidis* besetzt waren. Nachdem sie etwa 8 Tage auf feuchter Erde im warmen Zimmer gelegen hatten, keimten die Sporen. Wie es schien, ging die Keimung sehr ungleichmässig vor sich, die Flecke bedeckten sich nie mit Sporidienstaube. Die Keimschläuche traten aus der

Sporenhaut am Scheitel oder etwas seitlich und durchbohrten einzeln die gelockerte Epidermis ohne sie abzuheben. Auf die gewöhnliche Weise erfolgte die Bildung der Sporidien. Diese waren eiförmig, an einer Seite abgeflacht, mit farblosem Protoplasma gefüllt, ziemlich gross, nämlich c. 13 bis 14 Mikrom. lang, 7 bis 8 breit.

Mitte Februar setzte ich 7 Stöcke von *Ranunculus bulbosus* L. und 3 von *R. repens* L. nach vorheriger Reinigung in Töpfe, bedeckte sie mit den vorerwähnten Blättern von *Dactylis* und liess sie, mit einer Glasplatte verdeckt, im warmen Zimmer stehen. Einige genau bezeichnete Blätter wurden von der Berührung mit den *Dactylis*-Blättern frei gehalten.

Die Blätter der *Ranunculus*-Stöcke wuchsen schnell aus und schon am 27. Februar fanden sich an einigen derselben (6 Blätter an 3 Stöcken) zahlreiche Spermogonien (in 12 Flecken), kleine schmutzig honiggelbe kegelförmige Hervorragungen.

Die Flecken nahmen schnell an Zahl zu. Durch Umhüllen der Blattstiele mit den *Dactylis*-Blättern und Auflagern auf bestimmte Blätter, konnte ich an bestimmten Stellen Infection erzielen, deren Erfolg etwa 10 Tage nach dem Auflagern sichtbar wurde. Anfang März waren die der Infection ausgesetzten Blätter fast sämmtlich mit Spermogonienflecken besät, während die vor der Ansteckung geschützten Blätter keine Spermogonien trugen.

Das Resultat des Versuches am 10. März war nach Zusammenstellung meiner Tagebuchnotizen folgendes: An sämmtlichen 10 Stöcken finden sich Spermogonienflecke. Von 36 Blättern sind 24 mit solchen besetzt, und zwar an den Blattstielen und an der Oberseite der Blattspreite, und in so grosser Menge, dass die Anzahl der einzelnen Flecke nicht mehr notirt werden konnte. Von den 12 nicht inficirten Blättern waren 6 absichtlich mit dem *Uromyces* nicht in Berührung gebracht worden, zwei waren bei Beginn der Cultur sehr alt, 4 hatten sich erst entwickelt, nachdem die mit *Uromyces* besetzten *Dactylis*-Blätter schon von den Versuchspflanzen entfernt worden waren.

Nun begannen sich auch Aecidien zu bilden, an den Blattstielen in der Umgebung der Spermogonien, an der Spreite auf der ihnen gegenüberliegenden Blattunterseite. Das Gewebe schwoll etwas an und wurde weisslich verfärbt. Am 12. März waren schon einzelne Aecidienbecher geöffnet.

Spermogonien und Aecidien boten nichts Besonderes zu bemerken. Erstere bilden orangerothe kuglige Behälter von c. 120 Mikrom. Durchmesser, innen mit pfriemlichen Sterigmen, an der Mündung mit

büschligen Haaren bekleidet. Die Aecidien sind kurze Röhren von c. 0,25 bis 0,33 Millim. im Durchmesser. Sie stehen dicht zusammen, entweder zu 4 oder 5 in kleinen Flecken oder kreisförmig in mehreren concentrischen Ringen in grösserer Zahl. Sie sind von einem weissen zerschlitzten Saume umgeben, mit orangerothem Sporenpulver erfüllt. — Die Becherchen stehen oft so dicht, dass alles Blattparenchym zwischen ihnen geschwunden ist. Die Zellen des Peridiums sind pflasterförmig, dicht aneinander gefügt, 24 bis 32 Mikrom. lang, 20 bis 23 breit, polygonal, ihre Membran ist 3 bis 4 Mikrom. stark, farblos, mit leistenförmigen Verdickungen; im Innern enthalten sie meist einige orangefarbene Oeltropfen. Die Sporen werden in locker zusammenhängenden Ketten abgeschnürt, sind c. 26 Mikrom. lang, 20 bis 23 breit, ihre Membran ist farblos, mit leicht ablösbaren punktförmigen Erhabenheiten besetzt, ihr Inhalt lebhaft orangefarben.

Ich glaube auf diese Beobachtungen hin nicht bezweifeln zu können, dass das *Aecidium Ranunculacearum* DC., wenigstens seine auf *Ranunculus bulbosus* L. und *R. repens* L. vorkommende Form, in den Entwicklungskreis von *Uromyces Dactylidis* Otth gehört. Wahrscheinlich sind auch die auf *R. acer* L., *R. polyanthemos* L., *R. auricomus* L., *R. lanuginosus* L. häufig anzutreffenden Aecidien hierher zu rechnen. Einige auf anderen *Ranunculaceen* vorkommende *Aecidien* (z. B. die auf *Clematis, Thalictrum, Isopirum, Aquilegia, Actaea*), die auch wohl mit unter dem Namen *Aec. Ranunculacearum* DC. zusammengefasst werden, gehören vielleicht wieder zu anderen Uredineen.

Rastatt, im Mai 1873.

Untersuchungen über den Widerstand, den die Hautgebilde der Verdunstung entgegensetzen.

Mittheilung aus dem pflanzenphysiologischen und agriculturchemischen Laboratorium des Polytechnikums zu Carlsruhe.

Von

Dr. L. Just.

Die Frage, welchen Widerstand die Hautgebilde der Verdunstung entgegensetzen, bietet der experimentellen Behandlung vielfache Schwierigkeiten. Es ist nur selten möglich, für die vergleichende Untersuchung Versuchsobjecte zu gewinnen, die für die eine Versuchsreihe von Hautgebilden vollkommen umschlossen, für die andere Versuchsreihe von denselben befreit sein müssen. —

Ziemlich leicht ist diesen Erfordernissen Rechnung zu tragen bei der Anwendung von Samen und Früchten. Demgemäss wurden die nachstehend mitgetheilten Untersuchungen an Aepfeln ausgeführt. — Es kamen Aepfel, die möglichst gleichartig und sämmtlich von einer Sorte waren, zur Verwendung.

Zur Lösung der Vorfrage, ob etwa der Wassergehalt der Aepfel in nennenswerther Weise schwanke, wurde derselbe bei 12 Aepfeln festgestellt. Es ergaben sich nur Schwankungen von 0,3 Procent, so dass also in dieser Hinsicht die Versuchsobjecte sehr wohl miteinander vergleichbar sind.

Die Untersuchungen wurden in folgender Weise ausgeführt:

Es wurde ein ungeschälter Apfel in ein grosses weithalsiges Glas gehängt, an dessen Boden sich eine angemessene Quantität *Chlorcalcium* befand. Das Glas wurde durch einen gut passenden Kork verschlossen und dann in einen Horstmann'schen Thermostaten gestellt, der mit Hilfe eines Reichert'schen Thermoregulators constant auf einem bestimmten Wärmegrad erhalten wurde. Es gelang,

die Temperaturschwankungen auf 0,5 % zu beschränken. Nach je 24 Stunden wurde der Gewichtsverlust festgestellt und das *Chlorcalcium* je nach Bedürfniss erneuert. Jeder einzelne Versuch wurde durch vier Tage fortgesetzt. Zur Vergleichung wurde dann ein geschälter Apfel bei derselben Temperatur in gleicher Weise behandelt. Je zwei solcher zusammengehörender Versuche wurden dann bei verschiedenen Wärmegraden wiederholt.

In Nachstehendem theile ich nun die durch den Versuch gewonnenen Resultate mit. Es ist von jedem Apfel die Oberfläche, das Gesammtgewicht, der Gewichtsverlust nach je 24 Stunden, der gesammte Gewichtsverlust nach 96 Stunden angegeben. Ferner ist der Gewichtsverlust für je ein Quadratdecimeter Oberfläche nach je 24 Stunden, sowie der Gesammtgewichtsverlust nach 96 Stunden mitgetheilt.

Ueber die Art der Oberflächenberechnung sowie über einige unvermeidliche Beobachtungsfehler, folgt später das Nöthige.

I. Apfel ungeschält. Temperatur 21°.

Oberfläche 124,654 Quadratcentimeter.

Anfangsgewicht . . .	103,1 gr.			
Gewicht nach 24 Stunden	102,1	= — 1,0 gr.	Differenz.	
= = 48	= 100,95	= — 1,15	=	=
= = 72	= 99,97	= — 0,98	=	=
= = 96	= 98,96	= — 1,01	=	=

Der Apfel hatte im Ganzen verloren in der Zeit von 96 Stunden 4,14 gr.

Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche

nach 24 Stunden	0,802 gr.		
nach weiteren 24	= 0,93	=	
= = 24	= 0,78	=	
= = 24	= 0,81	=	

Der Apfel verlor in der Zeit von 96 Stunden pro Quadratdecimeter Oberfläche 3,322 gr.

Ia. Apfel geschält. Temperatur 21°.

Oberfläche 116,876 Quadratcentimeter.

Anfangsgewicht.	86,5 gr.			
Gewicht nach 24 Stunden	— 67,2 gr.	Differenz	19,3 gr.	
= = 48	= — 55,0	= =	12,2	=
= = 72	= — 44,09	= =	10,91	=
= = 96	= — 35,78	= =	8,31	=

Der Apfel hatte im Ganzen verloren in der Zeit von 96 Stunden 50,72 gr.

Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche
nach 24 Stunden 16,51 gr.
nach weiteren 24 = 10,44 =
= = 24 = 9,33 =
= = 24 = 7,96 =
Der Apfel verlor in der Zeit von 96 Stunden pro Quadratdecimeter Oberfläche 44,24 gr.

II. Apfel ungeschält. Temperatur 26°.

Oberfläche 116,839 Quadratcentimeter.

Anfangsgewicht . . . . 111,68 gr.
Gewicht nach 24 Stunden 110,78 = — 0,90 gr. Differenz.
= = 48 = 109,70 = — 1,08 = =
= = 72 = 108,70 = — 1,00 = =
= = 96 = 108,00 = — 0,70 = =
Der Apfel hatte im Ganzen verloren in der Zeit von 96 Stunden 3,68 gr.
Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche
nach 24 Stunden 0,77 gr.
nach weiteren 24 = 0,92 =
= = 24 = 0,85 =
= = 24 = 0,60 =
Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche in der Zeit von 96 Stunden 3,14 gr.

II[a]. Apfel geschält. Temperatur 26°.

Oberfläche 94,294 Quadratcentimeter.

Anfangsgewicht . . . 88,9 gr.
Gewicht nach 24 Stunden 68,47 = — 20,43 gr. Differenz.
= = 48 = 57,1 = — 11,37 = =
= = 72 = 48,7 = — 8,4 = =
= = 96 = 42,5 = — 6,2 = =
Der Apfel hatte im Ganzen verloren in der Zeit von 96 Stunden 46,4 gr.
Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche
nach 24 Stunden 21,66 gr.
nach weiteren 24 = 12,06 =
= = 24 = 8,87 =
= = 24 = 6,68 =
Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche in der Zeit von 96 Stunden: 49,27 gr.

III. Apfel ungeschält. Temperatur 32°.
Oberfläche 116,895 Quadratcentimeter.

Anfangsgewicht . . . . 98 gr.

Gewicht nach 24 Stunden 94,18 gr. — 3,82 gr. Differenz.
= = 48 = 92,85 = — 1,33 = =
= = 72 = 91,47 = — 1,78 = =
= = 96 = 90,01 = — 1,46 = =

Der Apfel hatte im Ganzen verloren in der Zeit von 96 Stunden 8,39 gr.

Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche
nach 24 Stunden 3,26 gr.
nach weiteren 24 = 1,13 =
= = 24 = 1,51 =
= = 24 = 1,26 =

Der Apfel verlor in der Zeit von 96 Stunden pro Quadratdecimeter Oberfläche 7,16 gr.

III[a]. Apfel geschält. Temperatur 32°.
Oberfläche 102,767 Quadratcentimeter.

Anfangsgewicht . . . 91 gr.

Gewicht nach 24 Stunden 67,5 gr. — 23,5 gr. Differenz.
= = 48 = 51,5 = — 16,0 = =
= = 72 = 40,4 = — 11,1 = =
= = 96 = 32,15 = — 8,25 = =

Der Apfel hatte im Ganzen verloren in der Zeit von 96 Stunden 58,85 gr.

Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche
nach 24 Stunden 22,86 gr.
nach weiteren 24 = 15,56 =
= = 24 = 10,80 =
= = 24 = 8,02 =

Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche in der Zeit von 96 Stunden 57,26 gr.

IV. Apfel ungeschält. — Temperatur 36°.
Oberfläche 141,841 Quadratcentimeter.

Anfangsgewicht . . . 129,7 gr.

Gewicht nach 24 Stunden 126,20 gr. — 3,5 gr. Differenz.
= = 48 = 123,90 = — 2,3 = =
= = 72 = 121,95 = — 1,95 = =
= = 96 = 119,85 = — 2,10 = =

Der Apfel verlor im Ganzen in der Zeit von 96 Stunden 9,85 gr.

Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche
nach 24 Stunden 2,46 gr.
nach weiteren 24 = 1,62 =
= = 24 = 1,37 =
= = 24 = 1,41 =
Der Apfel verlor in der Zeit von 96 Stunden pro Quadratdecimeter Oberfläche 6,86 gr.

IV[a]. Aepfel geschält. Temperatur 36°.
Oberfläche 93,981 Quadratcentimeter.

Anfangsgewicht . . .	88,82 gr.			
Gewicht nach 24 Stunden	54,00 gr.	— 34,82 gr.	Differenz.	
= = 48 =	36,80 =	— 17,20 =	=	
= = 72 =	26,50 =	— 10,30 =	=	
= = 96 =	21,00 =	— 5,50 =	=	

Der Apfel hatte im Ganzen verloren in der Zeit von 96 Stunden 67,82 gr.
Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche
nach 24 Stunden 37,06 gr.
nach weiteren 24 = 18,30 =
= = 24 = 10,96 =
= = 24 = 5,85 =
Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche in der Zeit von 96 Stunden 72,17 gr.

V. Apfel ungeschält. Temperatur 42°.
Oberfläche 132,728 Quadratcentimeter.

Anfangsgewicht . . .	118,11 gr.			
Gewicht nach 24 Stunden	111,83 =	— 6,28 gr.	Differenz.	
= = 48 =	107,50 =	— 4,33 =	=	
= = 72 =	104,35 =	— 3,15 =	=	
= = 96 =	101,32 =	— 3,02 =	=	

Der Apfel hatte im Ganzen verloren in der Zeit von 96 Stunden 16,78 gr.
Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche
nach 24 Stunden 4,73 gr.
nach weiteren 24 = 3,26 =
= = 24 = 2,37 =
= = 24 = 2,27 =
Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche in der Zeit von 96 Stunden 12,63 gr.

V[a]. Apfel geschält. — Temperatur 42°.

Oberfläche 102,767 Quadratcentimeter.

Anfangsgewicht . . . 100,90 gr.

Gewicht nach 24 Stunden 59,50 = — 41,40 gr. Differenz.

= = 48 = 36,50 = — 23,00 = =

= = 72 = 24,00 = — 12,50 = =

= = 96 = 18,85 = — 5,15 = =

Der Apfel hatte im Ganzen verloren in der Zeit von 96 Stunden 82,05 gr.

Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche

nach 24 Stunden 40,28 gr.

nach weiteren 24 = 22,38 =

= = 24 = 12,36 =

= = 24 = 5,01 =

Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche in der Zeit von 96 Stunden 80,03 gr.

VI. Apfel ungeschält. Temperatur 46°.

Oberfläche 134,366 Quadratcentimeter.

Anfangsgewicht. . . . 123,62 gr.

Gewicht nach 24 Stunden 118,78 gr. — 4,84 gr. Differenz.

= = 48 = 113,30 = — 5,48 = =

= = 72 = 108,07 = — 5,23 = =

= = 96 = 103,72 = — 4,35 = =

Der Apfel hatte im Ganzen verloren in der Zeit von 96 Stunden 19,90 gr.

Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche

nach 24 Stunden 3,24 gr.

nach weiteren 24 = 4,08 =

= = 24 = 3,89 =

= = 24 = 3,24 =

Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche in der Zeit von 96 Stunden 14,45 gr.

VI[a]. Apfel geschält. Temperatur 46°.

Oberfläche 116,839 Quadratcentimeter.

Anfangsgewicht . . . 126,6 gr.

Gewicht nach 24 Stunden 79,0 = — 47,6 gr. Differenz.

= = 48 = 51,3 = — 27,7 = =

= = 72 = 34,2 = — 17,1 = =

= = 96 = 26,2 = — 8,0 = =

Der Apfel hatte im Ganzen verloren in der Zeit von 96 Stunden 100,4 gr.

Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche
nach 24 Stunden 40,74 gr.
nach weiteren 24 = 23,64 =
= = 24 = 14,64 =
= = 24 = 6,84 =
Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche in der Zeit von 96 Stunden 85,86 gr.

VII. Apfel ungeschält. — Temperatur 56 %.
Oberfläche 113,076 Quadratcentimeter.

Anfangsgewicht . . .	93,4 gr.			
Gewicht nach 24 Stunden	85,00 =	— 8,0 gr.	Differenz.	
= = 48 =	77,65 =	— 7,35 =	=	
= = 72 =	68,78 =	— 8,87 =	=	
= = 96 =	60,50 =	— 8,28 =	=	

Der Apfel hatte im Ganzen verloren in der Zeit von 96 Stunden 32,50 gr.
Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche
nach 24 Stunden 7,07 gr.
nach weiteren 24 = 6,50 =
= = 24 = 7,84 =
= = 24 = 7,33 =
Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche in der Zeit von 96 Stunden 28,74 gr.

VII[a]. Apfel geschält. — Temperatur 56 %.
Oberfläche 94,293 Quadratcentimeter.

Anfangsgewicht . . .	88 gr.			
Gewicht nach 24 Stunden	41,30 gr.	— 46,70 gr.	Differenz.	
= = 48 =	20,30 =	— 21,00 =	=	
= = 72 =	14,35 =	— 5,95 =	=	
= = 96 =	12,95 =	— 2,40 =	=	

Der Apfel hatte im Ganzen verloren in der Zeit von 96 Stunden 76,05 gr.
Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche
nach 24 Stunden 49,52 gr.
nach weiteren 24 = 22,27 =
= = 24 = 6,31 =
= = 24 = 2,55 =
Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche in der Zeit von 96 Stunden 80,65 gr.

VIII. Apfel ungeschält. Temperatur 62°.

Oberfläche 128,655 Quadratcentimeter.

Anfangsgewicht . . . 107,72 gr.

Gewicht nach 24 Stunden 76,20 = — 31,52 gr. Differenz.

= = 48 = 53,25 = — 22,95 = =

= = 72 = 42,50 = — 10,75 = =

= = 96 = 31,70 = — 10,80 = =

Der Apfel hatte im Ganzen verloren in der Zeit von 96 Stunden 76,02 gr.

Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche

nach 24 Stunden 24,57 gr.

nach weiteren 24 = 17,83 =

= = 24 = 8,55 =

= = 24 = 8,39 =

Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche in der Zeit von 96 Stunden 59,34 gr.

VIII[a]. Apfel geschält. Temperatur 62°.

Oberfläche 116,632 Quadratcentimeter.

Anfangsgewicht . . . 104,30 gr.

Gewicht nach 24 Stunden 51,12 gr. — 53,18 gr. Differenz.

= = 48 = 30,00 = — 21,12 = =

= = 72 = 17,90 = — 12,10 = =

= = 96 = 15,55 = — 2,35 = =

Der Apfel hatte im Ganzen verloren in der Zeit von 96 Stunden 88,75 gr.

Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche

nach 24 Stunden 45,60 gr.

nach weiteren 24 = 18,11 =

= = 24 = 10,37 =

= = 24 = 2,01 =

Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche in der Zeit von 96 Stunden 76,09 gr.

IX. Apfel ungeschält. — Temperatur 74°.

Oberfläche 124,666 Quadratcentimeter.

Anfangsgewicht . . . 112,2 gr.

Gewicht nach 24 Stunden 73,70 gr. — 38,50 gr. Differenz.

= = 48 = 48,40 = — 25,30 = =

= = 72 = 35,45 = — 12,95 = =

= = 96 = 27,47 = — 7,98 = =

Der Apfel hatte im Ganzen verloren in der Zeit von 96 Stunden 84,73 gr.

Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche
nach 24 Stunden 30,96 gr.
nach weiteren 24 = 20,29 =
= = 24 = 10,38 =
= = 24 = 6,40 =
Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche in der Zeit von 96 Stunden 68,03 gr.

IX[a]. Apfel geschält. Temperatur 74°.
Oberfläche 109,229 Quadratcentimeter.

Anfangsgewicht . . .	99,63 gr.				
Gewicht nach 24 Stunden	43,70 =	— 56,93 gr.	Differenz.		
= = 48 =	28,52 =	— 15,18 =	=		
= = 72 =	21,3 =	— 7,22 =	=		
= = 96 =	14,9 =	— 6,40 =	=		

Der Apfel hatte im Ganzen verloren in der Zeit von 96 Stunden 85,73 gr.
Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche
nach 24 Stunden 51,64 gr.
nach weiteren 24 = 13,77 =
= = 24 = 6,55 =
= = 24 = 5,89 =
Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche in der Zeit von 96 Stunden 77,85 gr.

X. Apfel ungeschält. Temperatur 83°.
Oberfläche 116,839 Quadratcentimeter.

Anfangsgewicht . . .	113,30 gr.				
Gewicht nach 24 Stunden	79,75 gr.	— 33,55 gr.	Differenz.		
= = 48 =	48,92 =	— 30,83 =	=		
= = 72 =	29,35 =	— 19,67 =	=		
= = 96 =	22,10 =	— 7,25 =	=		

Der Apfel hatte im Ganzen verloren in der Zeit von 96 Stunden 91,30 gr.
Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche
nach 24 Stunden 28,70 gr.
nach weiteren 24 = 26,38 =
= = 24 = 16,83 =
= = 24 = 6,20 =
Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche in der Zeit von 96 Stunden 78,11 gr.

X[a]. Apfel geschält. — Temperatur 83°.

Oberfläche 102,018 Quadratcentimeter.

Anfangsgewicht . . . 84,75 gr.

Gewicht nach 24 Stunden 40,50 = — 44,25 gr. Differenz.

= = 48 = 15,70 = — 24,80 = =

= = 72 = 14,00 = — 1,70 = =

= = 96 = 13,60 = — 0,40 = =

Der Apfel hatte im Ganzen verloren in der Zeit von 96 Stunden 71,15 gr.

Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche

nach 24 Stunden 53,37 gr.

nach weiteren 24 = 14,31 =

= = 24 = 1,66 =

= = 24 = 0,39 =

Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche in der Zeit von 96 Stunden 69,73 gr.

XI. Apfel ungeschält. Temperatur 97°.

Oberfläche 138,527 Quadratcentimeter.

Anfangsgewicht . . . 119,4 gr.

Gewicht nach 24 Stunden 63,225 gr. — 56,175 gr. Differenz.

= = 48 = 30,520 = — 32,705 = =

= = 72 = 18,230 = — 12,290 = =

= = 96 = 17,040 = — 1,190 = =

Der Apfel hatte im Ganzen verloren in der Zeit von 96 Stunden 102,360 gr.

Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche

nach 24 Stunden 40,56 gr.

nach weiteren 24 = 23,61 =

= = 24 = 8,87 =

= = 24 = 0,85 =

Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche in der Zeit von 96 Stunden 73,89 gr.

XI[a]. Apfel geschält. — Temperatur 97°.

Oberfläche 132,665 Quadratcentimeter.

Anfangsgewicht . . . 112,57 gr.

Gewicht nach 24 Stunden 37,10 = — 75,47 gr. Differenz.

= = 48 = 17,58 = — 19,52 = =

= = 72 = 15,80 = — 1,78 = =

= = 96 = 14,82 = — 0,98 = =

Der Apfel hatte im Ganzen verloren in der Zeit von 96 Stunden 97,75 gr.

Der Apfel verlor pro Quadratdecimeter Oberfläche

nach	24	Stunden	56,88 gr.
nach weiteren	24	=	14,71 =
=	24	=	1,34 =
=	24	=	0,74 =

Der Apfel hatte verloren pro Quadratdecimeter Oberfläche in der Zeit von 96 Stunden 73,67 gr.

Die vorstehend mitgetheilten Untersuchungsresultate, soweit sie die Verdunstung für je ein Quadratdecimeter Oberfläche betreffen, sind in der nachstehenden Tabelle zusammengestellt.

Die Oberfläche der Aepfel wurde in der Weise bestimmt, dass ich an je sechs verschiedenen Stellen den Durchmesser mass, aus den gewonnenen Zahlen den mittleren Durchmesser berechnete. Dann wurde die, diesem mittlern Durchmesser entsprechende Kugeloberfläche berechnet und als Oberfläche des betreffenden Apfels angenommen. Dass dieses Verfahren zulässig ist, ergiebt sich aus folgendem Versuch:

Ich bestimmte das Volumen eines Apfels und berechnete die einer Kugel von dem gefundenen Volumen entsprechende Oberfläche. Die auf solche Weise gefundene Oberflächengrösse stimmte mit der aus dem mittlern Durchmesser gefundenen so gut überein, dass sich nur Differenzen von 0,3 Quadratcentimetern ergaben.

Um zur Aufklärung der vorliegenden Frage aus den angestellten Untersuchungen einen Schluss zu ziehen, darf man jedenfalls nur die Verdunstung von einer bestimmten Oberfläche, hier also die Zahlen, welche die Verdunstung von ein Quadratdecimeter Oberfläche angeben, berücksichtigen. — Die Angabe der Verdunstung in Gewichtsprocenten ist für den vorliegenden Fall nicht brauchbar. Es ist dies eigentlich selbstverständlich, denn die Intensität jeder Verdunstung ist ja, abgesehen von andern Bedingungen, immer abhängig von der Grösse der verdunstenden Fläche, und unter sonst gleichen Verhältnissen muss eine kleinere verdunstende Masse, bei grösserer verdunstender Oberfläche, durch Verdunstung mehr an Gewicht verlieren, als eine grössere Masse, bei kleinerer Oberfläche. Bei den zum Versuch verwendeten Aepfeln entsprechen die Massen durchaus nicht den Oberflächen. Bei dem Apfel II. z. B. kommen auf je ein Quadratdecimeter Oberfläche 95,5 gr. Substanz, bei dem Apfel III. hingegen nur 83,8 gr. Dennoch ergiebt sich als Verdunstung von einem Quadratdecimeter Oberfläche, bei Apfel II., innerhalb 96 Stunden, und bei einer Temperatur von 26°, nur 3,140 gr. Von Apfel III. hingegen werden von der gleichen Fläche, in gleicher Zeit bei einer

Verdunstung pro Quadratdecimeter Oberfläche.

		Ungeschält.					Geschält.					
		Nach je 24 Stunden.				Im Ganzen nach 96 Stunden.	Nach je 24 Stunden.				Im Ganzen nach 96 Stunden.	
№	Temperatur.	I. Gr.	II. Gr.	III. Gr.	IV. Gr.		I. Gr.	II. Gr.	III. Gr.	IV. Gr.		№
I.	21°.	0,802.	0,93.	0,78.	0,81.	3,322.	16,51.	10,44.	9,33.	7,96.	44,24.	I a.
II.	26°.	0,77.	0,92.	0,85.	0,60.	3,140.	21,66.	12,06.	8,87.	6,68.	49,27.	II a.
III.	32°.	3,26.	1,13.	1,51.	1,26.	7,160.	22,86.	15,56.	10,80.	8,02.	57,26.	III a.
IV.	36°.	2,46.	1,62.	1,37.	1,41.	6,860.	37,06.	18,30.	10,96.	5,85.	72,17.	IV a.
V.	42°.	4,73.	3,26.	2,37.	2,27.	12,63.	40,28.	22,38.	12,36.	5,01.	80,03.	V a.
VI.	46°.	3,24.	4,08.	3,89.	3,24.	14,45.	40,74.	23,64.	14,64.	6,84.	85,86.	VI a.
VII.	56°.	7,07.	6,50.	7,84.	7,33.	28,74.	49,52.	22,27.	6,31.	2,55.	80,65.	VII a.
VIII.	62°.	24,57.	17,83.	8,55.	8,39.	59,34.	45,60.	18,11.	10,37.	2,01.	76,09.	VIII a.
IX.	74°.	30,96.	20,29.	10,38.	6,40.	68,03.	51,64.	13,77.	6,55.	5,89.	77,85.	IX a.
X.	83°.	28,70.	26,38.	16,83.	6,20.	78,11.	53,37.	14,31.	1,66.	0,39.	69,73.	X a.
XI.	97°.	40,56.	23,61.	8,87.	0,85.	73,89.	56,88.	14,71.	1,34.	0,74.	73,67.	XI a.

Temperatur von 32° verdunstet 7,160 gr. Trotz der geringeren Masse ist also die Verdunstung, im zweiten Fall, entsprechend der höhern Temperatur, bei gleicher Oberfläche eine grössere als im ersten Fall.

Würde man hier die Verdunstung einfach als Gewichtsverlust in Procenten angegeben haben, so fände man auch hier bei Apfel III. eine Steigerung der Verdunstung gegen Apfel II.; denn während dieselbe bei II. 3,29% beträgt, steigt sie bei III. auf 8,56%. —

Wie wenig brauchbar jedoch die Angabe nach Gewichtsprocenten ist, wird sehr deutlich aus den bei I^a und II^a gewonnenen Resultaten. Bei I^a beträgt die Verdunstung für ein Quadratdecimeter Oberfläche 44,24 gr., bei II^a 49,27 gr., es ist also gemäss der Temperatursteigerung eine deutliche Steigerung der Verdunstung bemerkbar. Würde man jedoch in diesen beiden Fällen die Verdunstung in Gewichtsprocenten angegeben haben, so erhielte man für I^a eine Verdunstung von 57,48%; für II^a eine solche von 52,27%; es würde also scheinen, als ob die Verdunstung bei der höhern Temperatur eine geringere sei als bei der niedern. Ich bin auf diese eigentlich selbstverständlichen Dinge etwas ausführlicher eingegangen, weil sonst bei Arbeiten über Verdunstung hierauf nicht immer genügend Rücksicht genommen wurde.

Auf der nachstehenden Curventafel sind die gewonnenen Resultate, soweit sie die Verdunstung bei den verschiedenen Aepfeln in je 96 Stunden betreffen, graphisch dargestellt. Auf der Abscissenaxe sind die Temperaturwerthe, auf der Ordinatenaxe die Verdunstungswerthe aufgetragen. —

Es ergiebt sich aus dem Verlauf dieser Curven Folgendes:

Bei den ungeschälten Aepfeln ist die Verdunstung bei den Temperaturen von 21—46° eine relativ geringe und langsam steigende. Von 46° an jedoch wird die Verdunstung eine sehr energische, von 63° an steigt zwar die Verdunstung bei höheren Temperaturen noch, jedoch mit verminderter Energie. Bei 83° ist das Maximum der Verdunstung erreicht, denn von 83° bis 97° tritt wieder eine Verminderung derselben ein. —

Bei den geschälten Aepfeln ist die Verdunstung schon bei der Temperatur von 21° eine sehr energische und behält diese Energie mit ziemlich gleichmässiger Steigerung bei bis zur Temperatur von 46°, um bei diesem Punkt ein Maximum zu erreichen. —

Während bei 21° die Verdunstung des geschälten Apfels noch 13,2 mal so gross ist, als bei dem ungeschälten, ist sie bei 46° nur noch 5,9 mal so gross.

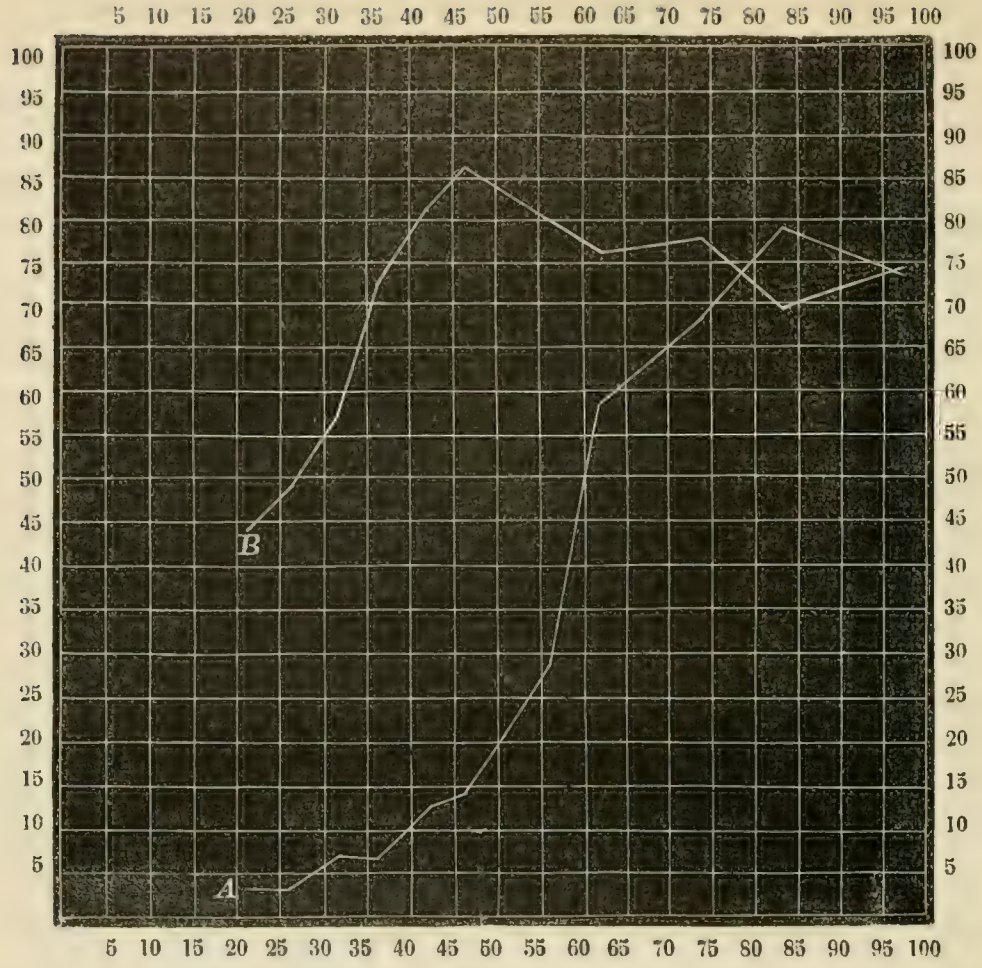


Fig. 1.

Von 46° an fällt die Verdunstung des geschälten Apfels mit geringen Schwankungen, um bei 78° nur noch denselben Werth zu haben wie diejenige des nicht geschälten Apfels. Von 78 Grad an wird die Verdunstung beim geschälten Apfel sogar geringer als beim ungeschälten, bei 97° sind die Verdunstungsgrössen bei beiden Aepfeln wieder gleich. —

Wenn man den Verlauf der Curven von einer Temperaturstufe zur andern verfolgt, so zeigen sich gewisse Abweichungen von dem allgemeinen Gesetz, nach welchem die Verdunstung stattfindet. Besonders auffallend ist dies bei den ungeschälten Aepfeln. So ist z. B. die Verdunstung von ein Quadratdecimeter Oberfläche bei 26° geringer als bei 21°, ebenso bei 36° geringer als bei 32°. — Dieser Umstand erklärt sich keineswegs dadurch, dass bei den Aepfeln, welche bei 26° (II.) resp. 36° (IV.) verdunsten, auf ein Quadratdecimeter Oberfläche weniger verdunstende Masse komme, als bei denjenigen Aepfeln, die bei 21° (I.) resp. 32° (III.) verdunsten. Während bei diesen die einem Quadratdecimeter Oberfläche entsprechenden Massen 82,7 und 83,8 gr. betragen, betragen sie bei

jenen 95,5 und 91,8 gr. Die erwähnte Erscheinung kann somit wohl nur dadurch bedingt sein, dass bei den Aepfeln II. und IV. die Hautgebilde durch ihre anatomischen Eigenschaften der Verdunstung einen grössern Widerstand entgegensetzen konnten, als die Hautgebilde bei den Aepfeln I. und III.

Man könnte meinen, dass solche Unterschiede in den Hautbildungen die Deutlichkeit der Beobachtungen sehr stören müssten. Indessen kann dieses Moment, wenn es auch die Deutlichkeit der einzelnen Beobachtung trübt, doch nicht die Erkenntniss des allgemeinen Verlaufs der Verdunstung stören. Es ist Letzteres um so weniger der Fall, wenn man Folgendes berücksichtigt:

Es ergab sich, dass bei den ungeschälten Aepfeln die Verdunstung von 21° bis 46° verhältnissmässig langsam zunahm, dass sie von 46° an immer energischer wurde. Diese plötzliche, vermehrte Steigerung der Verdunstung kann jedenfalls nur daran liegen, dass bis 46° der Widerstand, den die Oberhaut der Verdunstung entgegensetzt, nachlässt, ein Moment, welches allmählich bewirkt, dass bei 78° die Verdunstung bei den ungeschälten Aepfeln ebenso gross wird als bei den geschälten. Es ist sehr bemerkenswerth, dass bei derselben Temperatur, bei welcher die Verdunstung bei den ungeschälten Aepfeln plötzlich sehr steigt, diese bei den geschälten Aepfeln ihr Maximum erreicht. Es scheint also, als ob bei der Temperatur von 46° sehr wesentliche Aenderungen im molecularen Aufbau der Zellen, welche an der verdunstenden Oberfläche liegen, eintreten. Welcher Art diese Aenderungen sein mögen, weiss ich zunächst nicht zu entscheiden. Bei dem sehr verschiedenen Aufbau dieser Zellen, die bei den ungeschälten Aepfeln Epidermiszellen, bei den geschälten Parenchymzellen des Grundgewebes sind, ist die Wirkung jener Aenderungen eine ganz entgegengesetzte.

Bei den geschälten Aepfeln wird die leichte Verdunstung der Parenchymzellen vermindert, so dass die Verdunstung minder ergiebig wird. Bei den ungeschälten Aepfeln hingegen wird der Widerstand, den die Oberhautzellen der Verdunstung entgegensetzen, vermindert, so dass die Verdunstung eine ausgiebigere wird.

Besonders bei den geschälten Aepfeln ist es bemerkbar, dass die Verdunstung in sehr viel höherm Grade von den der Oberfläche nächstliegenden Zellen ausgeht, als von den tieferliegenden. Schon bei einer Temperatur von ungefähr 40° sind die Aussenzellen nahezu trocken, während die Innenzellen noch ganz mit Saft gefüllt sind. Diese saftarmen Aussenzellen bilden einen Ersatz für die abgeschälte Oberhaut, der eben bei 46° die Verdunstung schon in so hohem

Grade beeinträchtigt, dass dieselbe bei dieser Temperatur ihr Maximum erreicht und von da an bei höhern Temperaturen immer geringer wird.

Wie aus den mitgetheilten Beobachtungsresultaten und auch aus dem Verlauf der Curve B. ersichtlich ist, zeigen sich in der Abnahme der Verdunstung bei den geschälten Aepfeln einige Schwankungen. So ist z. B. die Verdunstung bei 74° etwas grösser als bei 62° und 83°; bei 97° etwas höher als bei 83°. Diese Abweichungen müssen wohl ebenfalls durch abweichende Organisation der betreffenden Parenchymzellen ihre Erklärung finden, denn im Allgemeinen ist sicher von 46° an eine Abnahme der Verdunstung bemerkbar.

Aus dem Umstand, dass bei 78° die Verdunstung bei den geschälten und ungeschälten Aepfeln gleich gross ist, darf man noch nicht schliessen, dass bei dieser Temperatur der Widerstand, welchen die Oberhaut der Verdunstung entgegensetzt, ganz geschwunden sei. Dass er nicht schon bei niederer Temperatur auf Null reducirt sein kann, ist selbstverständlich, denn sonst müssten die beiden Curven schon bei niederer Temperatur zusammentreffen. Dieser Widerstand besteht aber auch noch über 78° hinaus in sehr deutlicher Weise. Wenn auch der in vier Tagen erreichte Gesammteffekt bei 78° bei beiden Aepfeln ein gleicher ist, so ist derselbe doch in sehr verschiedener Weise gewonnen. Wenn man die durch Verdunstung nach je 24 Stunden (cf. pag. 22) abgegebenen Wassermengen vergleicht, so findet man mit wenig Ausnahmen, dass bei den geschälten Aepfeln die ausgiebigste Verdunstung auf die ersten 24 Stunden fällt, dass sie ferner in dieser Zeit stets bedeutend grösser als bei den ungeschälten Aepfeln ist. Es ist somit auch bei einer Temperatur von 97° der Widerstand der Oberhaut gegen Verdunstung noch deutlich bemerkbar. Das gleichmässige Verlaufen der beiden Curven von 78° an ist dadurch erklärlich, dass ja die verdunstende Masse eine beschränkte Grösse ist. Bei den geschälten Aepfeln wird, zumal bei etwas höhern Temperaturen, die Hauptmasse des verdunstenden Wassers am ersten und zweiten Tage abgegeben, so dass für die beiden nächsten Tage nur noch wenig verdunstendes Material übrig bleibt. Bei den ungeschälten Aepfeln hingegen nimmt die Verdunstung vom ersten bis vierten Tage allmählich ab. Der Gesammteffekt kann dann sehr wohl in beiden Fällen derselbe sein.

Die Thatsache, dass der Verdunstungswiderstand der Oberhaut von 46° an sehr deutlich schwindet, ergiebt sich aus den für den ersten Beobachtungstag gewonnenen Zahlen ebenso, wie aus den Summen, welche die Verdunstung durch vier Tage zusammen angeben. Aus der beigegebenen Tabelle ist dies ersichtlich. —

Bei den ungeschälten Aepfeln erreicht die Verdunstung bei 83° ein Maximum, denn bei 97° ist sie wieder geringer, jedoch nur dann, wenn man die Gesammtverdunstung von vier Tagen berücksichtigt. Diese Thatsache wird dadurch erklärlich, dass sich auch bei dem ungeschälten Apfel unter der eigentlichen Oberhaut durch Austrocknen der äussern Parenchymzellen eine Haut bildet, welche zwischen 83° und 97° genügenden Schutz gegen die weitere Zunahme der Verdunstung bietet. Es ist bemerkbar, dass dieser Umstand nur sehr allmählich wirksam wird. Wenn man nämlich bei 83° und 97° die Verdunstung am ersten Tage berücksichtigt, so findet man, dass dieselbe von der niedern zur höhern Temperaturstufe noch entschieden steigt, nämlich von 28,70 gr. zu 40,56 gr. Während dann aber bei 83° die Verdunstung in den folgenden Tagen sehr allmählich abnimmt, fällt sie bei 97° sehr schnell, weil sich eben hier nach dem ersten Tage eine Schutz gewährende Haut aus den äussern Lagen der Parenchymzellen gebildet hat. —

Wie erwähnt bildet sich bei den geschälten Aepfeln schon von 46° an aus den austrocknenden äussern Parenchymzellen eine Hülle, welche bewirkt, dass bei höhern Temperaturen die Verdunstung eine geringere wird. Diese Hülle wird erst besonders wirksam, nachdem die betreffende Temperatur länger als 24 Stunden einwirkte. Wenn man nämlich die Verdunstungsgrössen für den ersten Tag vergleicht, (s. pag. 22.) so sieht man, dass dieselben von 46° bis 97° ziemlich gleichmässig zunehmen, während dieselben an den nächsten Tagen ziemlich gleichmässig abnehmen. In dem Grade als sich die erwähnte Hülle bei den geschälten Aepfeln bildet, schrumpfen diese zusammen, behalten dabei jedoch stets eine vollkommen glatte Oberfläche.

Etwas anders verläuft dieser Prozess bei den ungeschälten Aepfeln. Diese behalten nämlich, selbst bei ganz hohen Temperaturen, in den ersten Stunden (bei 97° noch durch 20 Stunden) das ursprüngliche Volumen bei. Die Oberhautzellen haben nicht die Fähigkeit, bei der Einwirkung höherer Temperatur, sich nach allen Richtungen des Raumes in gleichem Grade zusammenzuziehen, wie dies bei den Parenchymzellen des Grundgewebes der Fall ist. Die Oberhaut behält also die ursprüngliche Ausdehnung nahezu bei, während die unter ihr liegenden Parenchymzellen in Folge von Wasserabgabe danach streben, sich zusammenzuziehen. Hieran werden sie jedoch gehindert, da sie sich mit der Oberhaut in organischem Zusammenhang befinden. Es muss somit zwischen der Oberhaut und den äussern Parenchymzellen eine gewisse Spannung entstehen. So lange diese Spannung besteht, kommt es bei den ungeschälten

Aepfeln nicht zur Bildung jener Hülle aus Parenchymzellen und in Folge dessen ist die Wasserabgabe bei den ungeschälten Aepfeln mehr auf die ganze verdunstende Masse vertheilt, wenn auch selbstverständlich in der Art, dass die äussern Particen mehr Wasser abgeben als die innern. Bei den geschälten Aepfeln hingegen liefern vorwiegend die äussern Zellen, und nach Bildung der mehrfach erwähnten Hülle, die unmittelbar unter derselben liegenden Parenchymzellen, das Verdunstungsmaterial. Die Hülle setzt selbst bei höherer Temperatur ganz scharf gegen safterfülltes Gewebe ab.

Sobald jene Spannung zwischen Parenchymzellen und Oberhaut eine solche Grösse erreicht hat, dass die Oberhaut dem Zug der Parenchymzellen nicht mehr Widerstand leisten kann, verlieren auch die ungeschälten Aepfel schnell an Volumen; sie behalten jedoch keine glatte Oberfläche, sondern sind von der vielfach gefalteten Oberhaut bedeckt. Sobald dieses Zusammenschrumpfen der ungeschälten Aepfel beginnt, bildet sich auch bei diesen eine Hülle aus eingetrockneten Parenchymzellen, welche den noch bestehenden Verdunstungswiderstand der Oberhaut verstärkt. Diese Hülle muss sich jedoch, bei gleichen Temperaturen, bei den ungeschälten Apfeln viel weniger vollkommen ausbilden als bei den geschälten, da der starken Austrocknung der betreffenden Parenchymzellen durch die über ihnen liegende Oberhaut entgegengewirkt wird. Erst von 83° an bewirken Oberhaut und Hülle, dass die Verdunstung ein Maximum erreicht und nach 97° hin wieder fällt; während die bei den geschälten Aepfeln entstehende Hülle schon bei 46° ein Verdunstungsmaximum bewirkt. — Bei Berechnung der in der Tabelle mitgetheilten Zahlen wurde angenommen, dass die zu Anfang des Versuchs gefundene Oberfläche der einzelnen Aepfel constant bleibe. Nun ist dies jedoch nicht der Fall, denn das Volumen der Aepfel, somit auch die Oberfläche, wird bei der Verdunstung kleiner. Störend wirkt dieses Moment zumal bei niedern und mittlern Temperaturen etwa bis 70° hin, denn innerhalb dieser Temperaturen ist die Volumenabnahme, somit auch die Abnahme der Oberfläche, bei den ungeschälten Aepfeln in nennenswerther Weise geringer als bei den geschälten. Will man diesen Umstand mit berücksichtigen, so müsste sich die Verdunstungsdifferenz bei den geschälten und ungeschälten Aepfeln noch höher herausstellen. — Bei Temperaturen über 70° hinaus jedoch kann man den Umstand der Oberflächenänderung vernachlässigen, da derselbe dann bei den geschälten und ungeschälten Aepfeln immer gleichartiger wird, in beiden Fällen also in gleicher Weise wirkt, so dass das Verhältniss zwischen der

Verdunstung der ungeschälten und derjenigen der geschälten Aepfel nicht gestört wird.

In kurzer Zusammenfassung ergiebt sich also Folgendes:

1) Der Widerstand, den die Oberhaut der Verdunstung entgegensetzte, ist bei niedern Temperaturen ein sehr energischer.

2) Dieser Widerstand wird von 46° an deutlich vermindert, ist jedoch auch bei 97° noch bemerkbar.

3) Bei geschälten Aepfeln bildet sich aus eintrocknenden Parenchymzellen des Grundgewebes eine Hülle, welche der schnellen Verdunstung entgegenwirkt und Veranlassung dazu ist, dass das Maximum der Verdunstung schon bei 46° erreicht wird.

4) Diese Hülle bildet sich nur allmählich, so dass sie in den ersten 24 Stunden noch nicht genügend wirksam wird. Somit nimmt die Verdunstung in den ersten 24 Stunden, auch bei den geschälten Aepfeln, bis 97° hin andauernd zu. Erst wenn man die Gesammtverdunstung durch 96 Stunden berücksichtigt, findet sich von 46° an bis zu 97° eine Abnahme. —

5) Solche Hülle bildet sich auch bei den ungeschälten Aepfeln, aber erst wenn die im Anfang der Verdunstung bestehende Spannung zwischen Oberhaut und Parenchymzellen geschwunden ist. Bei den ungeschälten Aepfeln bildet sich diese Hülle weniger deutlich aus als bei den geschälten Aepfeln; erst bei 83° erreicht dieselbe einen solchen Einfluss, dass sie von dieser Temperatur an, unterstützt durch den noch bestehenden Verdunstungswiderstand der Oberhaut, eine Abnahme der Verdunstung bewirkt.

6) Die hier mitgetheilten Resultate können bei der zweifellosen Verschiedenheit der unzähligen, überhaupt möglichen Fälle, keine allgemeinere Anwendung finden. Immerhin mag durch diese Untersuchungen zur Klärung der in Rede stehenden Frage ein geringer Beitrag geliefert sein; wie es mir vielleicht auch gelungen ist, auf einzelne Gesichtspunkte, die bei ähnlichen Untersuchungen besonders zu berücksichtigen sind, aufmerksam gemacht zu haben.

Carlsruhe im Januar 1874.

Prüfung einiger Desinfectionsmittel durch Beobachtung ihrer Einwirkung auf niedere Organismen.

Von

Dr. J. Schroeter.

Die Versuche, welche den nachfolgenden Bemerkungen zu Grunde liegen, wurden grösstentheils schon vor mehreren Jahren im pflanzenphysiologischen Institute zu Breslau gemacht und waren zu einer Mittheilung in kleinerem Kreise bestimmt. Als vor kurzer Zeit von maassgebender Seite her ernste Zweifel an der Wirksamkeit unserer gebräuchlichen Desinfections-Verfahren und Mittel erhoben wurden, fühlte ich mich veranlasst, einen Theil der früheren Versuche zu wiederholen, wozu mir mein Freund Prof. Just die Mittel des unter seiner Leitung stehenden Institutes zu Carlsruhe zur Verfügung stellte. Ich stelle sie hier zusammen, weil ich glaube, dass sie etwas dazu beitragen können, das Vertrauen auf die Schutzkraft unserer Desinfectionsmethoden zu befestigen.

Die Prüfungen gingen von der Thatsache aus, dass die Infectionskrankheiten in ihrem Verlaufe und ihrer Entwicklung, sowohl bei dem Umsichgreifen im erkrankten Organismus als in ihrer Ausbreitung als Seuche immer bestimmte Gesetze festhalten, die denen entsprechen, welche wir bei dem Wachsthum und der Verbreitung niederer Organismen kennen lernen. Wir sind dadurch zu dem Schlusse berechtigt, dass diese Krankheiten in ihrer Entstehung und ihrem Verlaufe mit der Erzeugung und Vermehrung organischer Gebilde, sogenannter „Krankheitskeime" einhergehen.

Ich möchte nicht alle oft besprochenen Gründe für diese Anschauung wiederholen, es sei mir nur gestattet in dem Wachsthumsverhältniss eines niederen Organismus die Analogie mit dem Verlaufe einer Epidemie durchzuführen. Bekannt ist das vielbesprochene

Blutbakterium (*Monas prodigiosa* Ehrb., *Micrococcus pr.* Cohn), dessen im vorigen Hefte dieser Blätter mehrfach Erwähnung geschehen ist. Dasselbe bietet uns gewissermaassen einen gefärbten, sichtbaren Krankheitskeim, der sich eben dieser Eigenschaften wegen in seiner Verbreitung weit leichter und genauer beobachten lässt als andere ähnliche niedere Organismen.

Das Rothwerden der Speisen ist, um die Analogie festzuhalten, im letzten Jahrhundert mehrfach in Aufsehen erregenden Epidemieen in Italien, der Rheinprovinz, in Berlin, Belgien, in Breslau u. s. w. aufgetreten und die Entwicklung des ihnen zu Grunde liegenden Organismus dabei genau untersucht worden.

Nennen wir, wie es ja auch in der Pflanzenpathologie geschieht, die Verbreitung des inficirenden Organismus in seiner Nährsubstanz und die Veränderungen, die er hier veranlasst, die Krankheit, so lässt sich die Krankheit durch unmittelbare Uebertragung des *M. prod.* auf eine Nährsubstanz hervorrufen (Contagium). Zur Ausbreitung gehört ein geeigneter Nährboden, Stoffe welche organische, stickstoffhaltige Verbindungen besitzen, und je reichlicher diese letzteren vorhanden sind, desto üppiger gedeiht der Organismus (Allgemeine Krankheitsdisposition). Es ist aber sogar bei derselben Substanz nicht gleichgültig, in welchem Zustande sie geboten wird: auf rohem Eiweiss und Fleisch wird keine Vermehrung beobachtet, auf den gekochten Substanzen gedeiht der Krankheitskeim üppig, auf frischgekochten besser als auf solchen, die eine Zeit lang an der Luft gestanden. Wir sehen darin eine „individuelle und augenblickliche Krankheitsdisposition“ des Nährbodens.

Ich will hier sogleich einen Einwand besprechen, der gegen die Anwendbarkeit der Analogie eines auf getödteten organischen Stoffen lebenden Organismus auf einen in lebenden Geweben wachsenden erhoben werden könnte. Die Anschauungen, welche noch vor Kurzem herrschten und eine Eintheilung der niederen Organismen in Saprophyten und echte Parasiten gestattete, haben sich jetzt wohl allgemein geändert. Wir sehen in den bei Fäulniss und Verwesung constant auftretenden Organismen nicht mehr blosse Begleiter solcher Vorgänge, sondern ihre Erreger. Wir nehmen an, es ist eine Eigenthümlichkeit, die an dem bestimmten Organismus haftet, grade auf den geronnenen Eiweiss-Stoffen besser zu gedeihen als auf ungeronnenen, wie es die Eigenthümlichkeit eines anderen ist, nur in dem lebenden Gewebe der Kartoffel, nicht aber der Tabakspflanze und wohl auf rohen, nicht aber auf gekochten Kartoffeln fortzukommen. Die Krankheitserscheinungen sind natürlich zusammenge-

setzter, wenn sich ein Schmarotzer in einem lebenden Organismus entwickelt, das Wachsthum des inficirenden Organismus selbst folgt aber im Allgemeinen denselben Gesetzen, die sich in unserem Falle nur einfacher, also übersichtlicher gestalten.

Nach der Ansteckung beginnt wohl sofort die Vermehrung des Contagiums, aber in den ersten zwei Tagen ist eine Ausbreitung der rothen Flecke kaum merkbar (Incubationszeit), von da ab beginnt eine schnelle und weitreichende Entwickelung der rothen Substanz, die mehrere Tage zunimmt. Sie ist nicht allein von Vermehrung des übertragenen Organismus, sondern auch von einer grauen Verfärbung der Nährsubstanz und Bildung übelriechender Stoffe begleitet (Krankheitserscheinungen und Krankheitsproducte). Nachdem die Vermehrung des Micrococcus eine Zeit lang angehalten, trocknet er entweder ein oder geht unter Bildung anderer Organismen, die auch die rothe Farbe vernichten, zu Grunde. Die Krankheit erlischt am Entstehungsherde.

Soweit handelt es sich um einen individualisirten Krankheitsfall, der durch unmittelbare Ansteckung immer auf dieselbe Weise weitergeführt werden kann. Aber das rothe Contagium überträgt sich auch in der Entfernung (Miasma). Nährstoffe, die mit einem inficirten Stücke unter eine Glasglocke gebracht werden, bedecken sich mit zerstreuten rothen Pünktchen und erkranken in gleicher Weise. Wenn sich an einem Orte der Infectionsstoff in grösserer Menge gebildet hat, z. B. in einem Speiseschrank, wo schon mehrere Speisen roth geworden, in einem Laboratorium, wo viel mit dem Stoffe gearbeitet worden ist, kann er sich so verbreiten, dass jede frisch eingebrachte Speise, jeder frisch ausgelegte Nährstoff an der Rothfärbung erkrankt, es entstehen Localepidemieen, die lange Zeit anhalten und sich auch wohl auf ein ganzes Gebäude ausdehnen können, wie z. B. das im Jahre 1825 durch Nöggeraths Beschreibung bekannt gewordene Auftreten des Blutes in der Mühle zu Enkirch. Aber die Epidemie kann auch über ganze Landstriche fortschreiten, wie z. B. 1819 über einen grossen Theil der Lombardei.

Wie in der Ausbreitung, so gleicht auch im Verschwinden das Phänomen des Blutigwerdens der Speisen ganz einer Epidemie. Es erreicht einen Höhepunkt, lässt dann allmählich nach und erlischt. Am besten ist dies in einem Laboratorium zu beobachten. Im Breslauer pflanzenphysiologischen Institute hatte ich im Winter 1869 zu 70 den *M. prodigiosus* in grossen Mengen cultivirt. Nachdem nun die absichtliche Vermehrung des rothen Farbstoffes eingestellt worden war, trat

immer noch, etwa während eines halben Jahres, spontane Rothfärbung auf ausgelegten Nährsubstanzen auf; etwa ein Jahr nach Beendigung obiger Culturen konnte in demselben Raume Prof. Cohn den rothen Stoff nicht mehr hervorrufen (Heft II. S. 153 dieser Blätter), bis er 1872 wieder durch frische Uebertragung von aussen her eingeführt wurde.

Dabei behält der rothe Infectionsstoff, auch wenn er keine Epidemie mehr erzeugt, seine Ansteckungsfähigkeit, er kann, nachdem er etwa ein Jahr lang eingetrocknet war, bei directer Uebertragung die Rothfärbung wieder hervorbringen, wie Pockenlymphe ein Jahr lang aufbewahrt noch wirksam bleibt.

Ich habe mich so lange bei der Ausführung dieser Analogie aufgehalten, dass ich die Aehnlichkeiten mit Entwicklung von Epidemieen, die bei anderen Processen z. B. der Essigsäurebildung auftreten, übergehen kann.

Für die Lehre von den Infections-Krankheiten wird sich aus solchen Analogieen immer der Schluss ergeben, dass sie mit der Entwicklung von Organismen einhergehen. Man hat oft gemeint dieselben schon aufgefunden zu haben, doch häufig genug waren es nur Täuschungen, aber die gewissenhafte Forschung muss immer wieder darauf zurückkommen nach jenen krankheitserregenden Organismen zu suchen, und irren wir nicht, so ist es auch schon bei einigen der wichtigsten Infections-Krankheiten gelungen, sie zu finden.

Bei den folgenden Betrachtungen ist es gleichgültig, ob die inficirenden Organismen: Krankheitskeime, Infectionszellen oder wie man sie nennen will, wirklich gesehen worden sind. Verhalten sie sich wie die niederen Organismen überhaupt, so werden sie auch denselben Lebensbedingungen wie diese unterworfen sein, und Verhältnisse und Stoffe, welche diesen ihre Entwicklungsfähigkeit nehmen, werden auch den Infectionszellen verderblich werden. Geben wir dies zu, so erlangen wir einen Maassstab, die Wirkung von Desinfectionsmitteln und Methoden zu prüfen, indem wir ihren hemmenden oder vernichtenden Einfluss auf Entwicklung niederer Organismen überhaupt untersuchen.

Diese Methode ist schon öfter mit mehr oder weniger Absicht auf den auch hier vorliegenden Zweck eingeschlagen worden, ich will nur im Allgemeinen auf die Arbeiten von Pasteur, Hoffmann, Lex, Trautmann, Cohn verweisen, es schien mir aber doch möglich, der Frage noch einige Gesichtspunkte abzugewinnen, auch ohne allzuviel des Oftgesagten zu wiederholen. Ich will hier nur hervorheben, dass es mir besonders darauf ankam, die Wirkung

der angewandten Methoden auf die Versuchsorganismen unter dem Mikroskop zu beobachten, und hier ihre unmittelbaren Einflüsse festzustellen.

Gehen wir sogleich zu einer der wirksamsten und am meisten anerkannten Desinfectionsmethoden über, der Anwendung hoher Temperaturgrade auf die zu desinficirenden Gegenstände.

Dass die Hitze des brennenden Feuers im Stande ist jeden Krankheitsstoff zu vernichten, ist eine seit den ältesten Zeiten unbestrittene Annahme, Verbrennen brennbarer und Ausglühen feuerfester Gegenstände gilt als unbedingt sicheres Vernichten jedes an ihnen haftenden Ansteckungs-Stoffes. So einfach diese Thatsache erscheint, so ist sie es doch nur dann, wenn wir annehmen, dass der feindliche Stoff eine organische Verbindung ist, denn wäre er manchmal ein unorganisches Gift, so wäre kein Grund zu ersehen, warum er nicht manchmal der Hitze der Flamme ebensogut widerstehen könnte, wie das Eisen, an dem er haftet. Für uns ist es selbstverständlich, dass die Stoffe der Infectionszellen bei der Wärme der brennenden Kohlenstoffgase sich ebenso wie alle andern Gebilde aus eiweissartigen Stoffen in anorganische Verbindungen auflösen, dass also dadurch alle ihre specifischen Eigenthümlichkeiten aufhören.

Aber auch darüber kann jetzt kein Zweifel mehr sein, dass eine Temperatur von 100° C. schon im Stande ist alle diese niederen Organismen zu tödten. Ich kann hier auf die Versuche von Pasteur, Hoffmann und Cohn (diese Beiträge Heft II. S. 213 ff.) verweisen. Wenn früher oft behauptet wurde, dass zur Tödtung von Bacterien die Siedhitze nicht genüge, so liegt dies gewiss an Täuschungen, die durch die eingeschlagene Methode herbeigeführt wurden. Wenn man Bacterien haltende Flüssigkeit in offenen Gefässen kocht und dann abwartet ob sich später in derselben Flüssigkeit wieder Bacterien entwickeln, kann man bei der grössten Vorsicht dadurch getäuscht werden, dass sich die Wärme nicht durch alle Theile der Flüssigkeit gleichmässig vertheilt hat und dass bei der Abkühlung doch einzelne Bacterienkeime mit eingezogen wurden. Aus den von Cohn mitgetheilten Versuchen geht unzweifelhaft hervor, dass in einer Flüssigkeit in zugeschmolzenen Kölbchen Bacterien, 20 Minuten lang der Temperatur von 100° C. ausgesetzt, die Fähigkeit sich zu vermehren verlieren.

Aber auch die Temperatur des siedenden Wassers ist nicht erforderlich um Bacterien zu tödten.

In den citirten Beobachtungen war versucht worden, durch Erwärmen von Flüssigkeiten die Temperatur zu ermitteln, bei der Bacterien absterben, es ist aber, wie auch dort gesagt wird, nicht leicht auf diese Weise genaue Resultate zu gewinnen. Ich hatte mich schon vor nunmehr vier Jahren bestrebt durch directe Beobachtung unter dem Mikroskop diese Frage zu lösen und war damals zu dem Schlusse gekommen, den ich im Wesentlichen auch jetzt wieder finde. — Ich benutzte zu den Beobachtungen einen heizbaren Objecttisch nach Angabe von Professor Cohn bei Opticus Feige in Breslau gearbeitet. An demselben wird durch Erwärmung der zugeleiteten Luft eine Kammer, in deren Decke sich das Objectglas befindet, geheizt, ein seitlich eingeführter Thermometer zeigt die Wärme der Luft in der Kammer an.

Zum Versuche mussten natürlich solche niedere Organismen gewählt werden, die im Leben bewegt sind, durch ihren Stillstand das Absterben anzeigen. Der Tropfen mit den Versuchsorganismen wurde frei hängend unter das die Kammer abschliessende Deckglas gebracht.

Infusorien, die so der Erwärmung ausgesetzt wurden, starben bei einer verhältnissmässig niedrigen Temperatur ab, bei 42 ° C. fingen sich ihre Bewegungen schon sehr merklich zu verlangsamen an, bei 56 ° hörten sie ziemlich constant auf.

Bacterien vertragen höhere Wärmegrade. Ich benutzte zur Beobachtung meist bacterienhaltige Flüssigkeit, die sich durch Einlegen von rohem Fleisch in Wasser gebildet hatte. Die Tropfen enthielten zumeist die gewöhnlichen Stäbchenbacterien (*Bacterium Termo* Ehr.), vielfach aber auch schnell hinschiessende starre Stäbe von bedeutender, übrigens sehr verschiedener Länge. (*Bacillus* Cohn.) Bei Erwärmung auf 30° wurde die Bewegung, wenn sie bei gewöhnlicher Temperatur auch sehr matt und träge gewesen war, sehr lebhaft, die Bacterien bewegten sich schnell durcheinander wimmelnd wie ein Mückenschwarm. In gleicher Lebendigkeit blieb die Bewegung bis zur Erwärmung auf 56°, dann liess die der Stäbchenbacterien plötzlich nach, während die Fadenbacterien noch mit gleicher Behendigkeit hinschossen. Bei 58° hörte jede Bewegung der Bacterien auf. Dies scheint der niedrigste zur Tödtung dieser Organismen erforderliche Wärmegrad zu sein.

Es muss bemerkt werden, dass das Aufhören der Bewegung bei einer Wärme von 58° von vornherein nicht gleichbedeutend zu sein brauchte mit der Tödtung der Bacterien. Es wäre möglich, dass sie nur in eine Art Wärme-Starre verfielen, aus der sie später

wieder erwachen könnten. Ich habe, nachdem ich den Tropfen noch mehrere Stunden stehen liess, nie gesehen, dass die Bewegung zurückkehrte, ich möchte also diesen Einwand ausschliessen.

In den Versuchen schien es mir, als ob nicht alle Bacterien bei derselben Temperatur zum Stillstand gebracht würden, die fadenförmigen schienen sich z. B. immer länger zu bewegen als die stäbchenförmigen. Es wäre demnach wohl möglich, dass auch zur Tödtung der Infectionszellen eine andere Temperatur erforderlich wäre.

Es liegt augenblicklich gar kein Anhalt für die Annahme vor, dass diese Tödtungstemperatur grade eine höhere als 58° sein müsste, der Gedanke darf uns also nicht beunruhigen, nichts destoweniger empfiehlt es sich noch weiter in diesem Sinne zu experimentiren, besonders auch mit unbewegten Bacterien, die ja eine besonders grosse Analogie mit manchen Krankheitserregern zu haben scheinen. Der sichtbare Infectionsstoff des *Mic. prodig.* könnte sich auch hier als bequemes Versuchsobject erweisen. Man könnte ausgesäte Tropfen desselben verschiedenen Temperaturen aussetzen, es würde sich leicht feststellen lassen, bei welchem Grade die Weiterentwicklung aufhört. Solche Versuche habe ich früher anzustellen versäumt, in neuerer Zeit fehlte mir das Material dazu.

In praktischer Beziehung müssen die Erfahrungen, die eben erwähnt wurden, grosse Beruhigung gewähren, wenn wir die ausgedehnte Verwendung des heissen Wassers als Desinfectionsmittel betrachten. Das sogenannte kochende Wasser, das zum Abbrühen der Wäsche, zum Abwaschen von Möbeln, Viehwagen u. s. w. benützt wird, besitzt zwar selten eine Temperatur von über 70°, häufig nur eine von 60°, aber wir wissen, dass eine solche schon genügt, niedere Organismen, also wahrscheinlich auch die Infections-Zellen zu tödten.

Wir können daher nur wünschen, dass die Anwendung höherer Wärme zur Desinficirung solcher Gegenstände, die eine derartige Behandlung ertragen, in recht ausgedehntem Maasse stattfindet. Sicher könnte die Benützung heisser Dämpfe noch einen viel weiteren Wirkungskreis finden. In Städten z. B. wo Dampf von zahlreichen Fabriken unnütz abgeführt wird, in Städten mit Canalisation und Pumpstationen, wäre es vielleicht nicht unpraktisch, den heissen Dampf, der unbenützt abgeführt wird, zur Desinfection zu verwerthen.

Wenn man der Nährsubstanz, auf welcher sich einer der hier betrachteten niederen Organismen entwickelt, einen fremden chemi-

schen Stoff zusetzt, so kann dieser auf mannichfaltige Weise die Entwicklung jenes Organismus hemmen und ihn selbst vernichten. Er kann ihn erstlich direct chemisch angreifen, mit dessen Bestandtheilen eine neue unorganische oder unbelebte Verbindung bilden, ihn also tödten in der Weise, wie ein ätzendes Gift die Zelle tödtet, mit der es in Berührung gebracht wird.

Auf andere Weise kann der fremde Stoff dadurch wirken, dass er von dem Organismus mit der Nährsubstanz aufgenommen wird und diesen derartig verändert, dass er unfähig wird sich normal weiter zu entwickeln; er wirkt dann in der Weise, wie wir uns etwa die Thätigkeit alterirender Gifte auf das Zellenleben vorstellen. Drittens kann der fremde Stoff die Nährsubstanz selbst so verändern, dass sie zur Ernährung des betreffenden Organismus nicht mehr verwendet werden kann, dieser demnach zu Grunde gehen muss. Es muss hier wieder hervorgehoben werden, dass die meisten der niederen Organismen ausserordentlich empfindlich für die Nährstoffe sind in denen sie leben. Es ist daher nicht immer erforderlich grosse Mengen des differenten Stoffes zu der Nährsubstanz zuzusetzen, um die Entwicklung des in ihm lebenden Parasiten zu hemmen, oft genügt dazu eine sehr kleine Quantität. Wenn wir sehen, dass ein pilzlicher Schmarotzer in den Stoffen gedeiht, die ihm *Solanum tuberosum* bereitet, in denen von *Solanum nigrum* aber zu Grunde geht, so dürfen wir uns nicht wundern, dass ein *Bacterium* in einer Nährflüssigkeit gut gedeiht, aber untergeht wenn derselben minimale Theile eines fremden Stoffes beigemengt sind. Wir brauchen zum Verständniss dieser Thatsache nicht vitalistische Erklärungsversuche z. B. die willkürliche Nahrungswahl der Pflanzen-Arten heranzuziehen, wir brauchen nur auf die Grundsätze der Entwicklungs-Theorie gestützt anzunehmen, dass sich die einzelnen Formen in langer Gewöhnung derart bestimmten Lebensbedingungen angepasst haben, dass sie sich jetzt wohl nicht so leicht weiter entwickeln, wenn sie dieselben nicht bis aufs Kleinste vorbereitet finden.

Diese Wirksamkeit sehr kleiner Mengen alterirender Stoffe gegen bestimmte niedere Organismen ist von der grössten Wichtigkeit bei der Desinfection, und sie spielt gewiss eine wichtige Rolle bei der Darreichung von Medicamenten gegen Infectionskrankheiten, sei es, dass man mit derselben die Desinficirung äusserlich zugänglicher Körpertheile, besonders des Verdauungscanals, sei es, dass man die Tödtung der Infectionszellen im Blute oder entfernteren Körperorganen zu erreichen sucht.

Wie sehr eine kleine Menge eines fremden Stoffes die Ent-

wicklung eines bestimmten niederen Organismus stört, ist praktisch bei der Alkoholbereitung bekannt. Wasser von nur geringem Kalkgehalt stört die Gährung bedeutend und wird in der Brennerei als Verlust bringend gemieden. Auch andere niedere Organismen werden durch den Kalk in ihrer Entwicklung gehemmt, und darauf ist wohl die grosse Bedeutung desselben als Desinfectionsmittel zurückzuführen. Andererseits wirken auch viele Mineralsäuren auf den Nährstoff alterirend, und damit auf die niederen Organismen entwicklungsstörend. So wird z. B. bei der Anwendung des schwefelsauren Eisenoxyds der freiwerdenden Schwefelsäure die desinficirende Kraft zugeschrieben, weil sie die Vermehrung der Bacterien aufhalten soll.

Die genauere Prüfung dieser Wirkungen würde mich zu weit geführt haben, nur einige der wichtigsten Desinfectionsmittel sollen eingehender in ihrer Wirkung auf niedere Organismen untersucht werden.

Die übermangansauren Salze haben seit langer Zeit einen hohen Ruf als Desinfectionsmittel. Derselbe schreibt sich wohl in erster Reihe von der augenfälligen Weise her, in der sie ihre Wirkung zu erkennen geben. Wird zu einer durch Einlegen von Fleisch in Wasser gewonnenen höchst ekelhaft riechenden Flüssigkeit, die kleine Fetzen zersetzten Fleisches und reichliche Massen bewegter Stäbchenbacterien enthält, gesättigte Lösung von übermangansaurem Kali oder Natron gesetzt, so entfärben sich die violetten bezüglich grünen Flüssigkeiten sofort, und wenn so lange zugesetzt wird wie die Entfärbung eintritt, so klärt sich die Versuchsflüssigkeit, es bildet sich ein bräunlicher Bodensatz und aller üble Geruch verschwindet. — Hier sehen wir also die Thätigkeit des Desinfectionsmittels in augenscheinlicher Weise.

Durch Beobachtung unter dem Mikroskop sehen wir, dass die Salzlösung eine direct tödtende Wirkung auf die niederen Organismen ausübt, jedoch tritt dieselbe in sehr verschiedener Weise und mit verschiedener Schnelligkeit ein. Infusorien schwimmen oft lange Zeit in starken Lösungen herum, dann sieht man aber dass in ihrem Innern eine braune Färbung eintritt, die erst blass ist, dann dunkler wird, bis das ganze Infusor braun ist; damit ist es auch, nachdem es langsam zum Stillstand gelangt ist, getödtet. Seine Form wird dadurch gar nicht geändert, alle Theile, besonders auch die Borsten und Wimpern, sind erhalten und besonders deutlich zu unterscheiden.

Aehnlich verhalten sich Hefezellen. Sie bleiben lange Zeit unverändert. Nach einigen Minuten färben sich die kleinen jungen Sprossen in ihrer ganzen Ausdehnung gleichmässig braun, erst einige Minuten später zeigt sich an den älteren Zellen eine Braunfärbung des Plasmas, die Vacuolen werden dadurch besonders deutlich. Darauf zieht sich das Plasma nach den Zellwandungen zurück und färbt sich noch dunkler, die Vacuolen vergrössern sich. Die so veränderte Hefe sprosst nicht mehr.

Sporen von *Penicillium* und *Mucor* widerstehen sehr lange der Einwirkung des Mittels. Auf starke Lösungen ausgesät keimten *Penicillium*-Sporen nicht nur, sondern bildeten auch fructificirenden Rasen. Nur wenn den unter dem Deckglase beobachteten Sporen wiederholt frische Tropfen der Lösung zugesetzt wurden, nahmen sie diese endlich auf und färbten sich braun. So verändert konnten sie nicht mehr zur Keimung gebracht werden, auch die Anschwellung der Sporen, die der Keimung immer vorangeht, trat nicht mehr ein.

Bewegte Bacterien werden durch starke Lösungen sehr rasch zum Stillstand gebracht. Ihre Umrisse sind dann deutlich zu erkennen, eine Braunfärbung ist aber nicht bemerklich.

Wir sehen hieraus, dass die Uebermangansäure die niederen Organismen bei der besprochenen Anwendung nicht als ätzendes Gift angreift, sondern erst nachdem sie in den Organismus aufgenommen ist, wobei sie sich zersetzt und vielleicht, indem gleichzeitig Braunstein ausgeschieden wird, eine Proteinverbindung eingeht. Die Säure wirkt also hier als ein stark alterirendes Gift, besitzt somit die Eigenschaften, die wir von einem Desinfectionsstoffe verlangen, doch sind starke Lösungen der Salze erforderlich. In einer Lösung von 1 übermangansaurem Kali in 1000 Wasser, die noch lebhaft violett gefärbt ist, bewegen sich Infusorien Tage lang wie in reinem Wasser, Bacterien vermehren sich.

Eine grosse Beeinträchtigung der Wirkung dieses Mittels besteht darin, dass es gar nicht in erster Reihe auf die lebenden Organismen wirkt, sondern auch auf alle zersetzten organischen Substanzen, mit diesen sich verbindet und sich dabei zersetzt. Wenn man solche Lösung zu käuflicher Bierhefe setzt, so sieht man unter dem Mikroskop, dass zuerst eine Menge sogenannten organischen Detritus, welcher zwischen den Hefezellen liegt, und der bei seiner schwachen Färbung leicht übersehen wurde, braun gefärbt wird, die Hefezellen selbst aber unbeeinträchtigt bleiben. Ebenso zeigt es sich bei faulendem Fleisch-Wasser. In einem Tropfen desselben, der aus nichts

als lebhaft durcheinanderschwärmenden Bacterien zu bestehen scheint, macht ein erster Zusatz der Lösung von übermangansaurem Kali durch Braunfärbung eine grosse Menge von feinen Gewebefetzen sichtbar, zwischen denen die Bacterien noch unversehrt herumwimmeln.

Dadurch erschöpft sich also die Wirkung des Desinfectionsstoffes zum grossen Theile ungenützt, und es müssen da, wo es sich um Desinficirung abgestorbener organischer Stoffe, sogenannter organischer Abfall- und Auswurfsstoffe handelt, ganz ungeheure Mengen desselben nöthig werden, die doch immer nur eine einmalige, schnell vorübergehende Wirkung haben werden.

Bringt man z. B. ein Stück frisches Fleisch in eine Lösung von übermangansaurem Kali, so färbt sich seine Oberfläche braun, die Lösung verfärbt sich bald, das übermangansaure Salz ist zersetzt. Das Wasser zieht jetzt Substanzen aus dem unzersetzten Fleische, es bilden sich Bacterien in der Flüssigkeit, die sich stark vermehren und wieder das unzersetzte Fleisch angreifen. Nun wird wieder desinficirt, wozu durch die grosse Menge von Detritus sehr viel übermangansaures Salz erforderlich ist, aber schon nach 1 bis 2 Tagen ist wieder starke Vermehrung der Bacterien, Trübung und Fäulnissgeruch eingetreten. Dieser Prozess würde sich also immer wiederholen, das Fleisch fault fast so schnell wie in reinem Wasser, trotz der Aufwendung einer grossen Masse des Desinfectionsmittels.

Es ist demnach ersichtlich, dass dieser Stoff zur Desinficirung von Abfuhranstalten (Latrinen, Kanälen u. s. w.) ganz ungeeignet ist. Dagegen empfiehlt sich seine Verwendung da, wo es sich um einmalige Desinficirung, besonders um Zerstörung übler Gerüche handelt, und der Verbrauch starker Lösungen keine zu grosse Verschwendung des Stoffes veranlasst (Desinficirung von Gefässen), sowie zur einmaligen Desinficirung organischer Gewebe (Waschungen, Ausspülung von Wunden), grade weil durch das Mittel in erster Reihe die schon zersetzten Organtheile angegriffen werden, derbwandigere Zellen aber schwerer, und überhaupt eine ätzende (zerstörende) Wirkung auf die Zellhäute durch dasselbe nicht ausgeübt wird.

Ganz anders als die zuletzt betrachteten Substanzen wirkt das Chlorgas. Sein Ansehen als Miasmen zerstörendes Mittel war früher so gross, dass die älteren amtlichen Bestimmungen über Verhütung von Seuchen fast gar keine anderen Desinfectionsmittel angeben als

Chlorkalk und Chlorräucherungen in verschiedener Bereitungsweise. Diesen Ruf verdankt das Mittel nicht so sehr der praktischen Erfahrung, dass es den mit der Fäulniss einhergehenden üblen Geruch zerstört, sondern weit mehr theoretischen Erwägungen. Man dachte sich unter den „krankheitserzeugenden Miasmen“ wasserstoffreiche Theilchen von halbzersetzten organischen Massen und glaubte, dass sie von dem Chlorgase durch Entziehung von Wasserstoff zersetzt würden. — Die Aenderung unserer Ansichten über Infection hat auch einen Umschwung in der Beurtheilung dieses Mittels hervorgebracht, und die Meinungen über Wirksamkeit desselben sind zum mindesten sehr getheilt. Auch hier kann die Beobachtung seiner Einwirkung auf niedere Organismen sehr dazu beitragen seinen wirklichen Werth festzustellen.

Bei früheren derartigen Versuchen bediente man sich gewöhnlich des Chlorkalks, dessen kräftige Wirkung zur Verhinderung von Gährungen als festgestellt zu erachten ist. Braconnot fand z. B., dass Zusatz von $\frac{1}{720}$ Chlorkalk zu einer gährenden Flüssigkeit die Gährung aufhebt. Diese Versuche legen die Wirkung des Chlors an und für sich nicht klar, da Kalk ebenfalls ein nicht indifferenter Stoff und wie schon erwähnt, der Entwicklung des Alkoholpilzes gefährlich ist.

Um die Wirkung des Chlorgases zu untersuchen, wurde dasselbe unter einer Glasglocke durch Begiessen von Chlorkalk mit Salzsäure entwickelt. Es machte sich dabei sofort ein Umstand bemerklich, der hier im Voraus besprochen werden muss. Stand die Glocke auf trockenem Grunde und wurde die Luft unter Anwendung von wenig Säure möglichst trocken gehalten, so machte sich gar keine Wirkung des Gases auf trockene Gegenstände bemerklich. Rothgefärbtes Fliesspapier behielt seine Farbe, Sporen von *Mucor* und *Penicillium* zeigten sich unter dem Mikroskop unverändert. Es ist immer die Anwesenheit von Feuchtigkeit nöthig, um die Wirksamkeit des Gases zur Anschauung zu bringen, die am sichersten durch Anfeuchten der Gegenstände erreicht wird. Angefeuchtetes rothes Fliesspapier wird durch die Chlordämpfe sofort entfärbt. Hierbei muss aber auch bemerkt werden, dass einzelne Stellen, die auch nur lose bedeckt werden, ihre rothe Farbe behalten.

Werden *Penicillium*-Sporen auf einer feuchten Glasplatte eine Minute lang den Chlordämpfen ausgesetzt, so wird ihre graugrüne Färbung in eine schmutziggelbe Lehmfarbe umgewandelt. Unter dem Mikroskop erscheinen sie hellgelb, eine weitere Structurveränderung ist nicht zu bemerken. Werden die so veränderten Sporen in Wasser

gebracht, so schwellen sie nicht mehr an und keimen nicht, sind also getödtet. —

Sporen von *Mucor stolonifer* auf angefeuchtete Kartoffeln ausgesät und unter Chlorgas gebracht, werden ebenfalls schnell verändert. Ihr Protoplasma erscheint dann in kleinen Klümpchen zusammengeballt und hat sich nach den Wandungen zurückgezogen, welche einen starken doppelten Umriss zeigen. Die Keimfähigkeit ist auch hier aufgehoben.

Unter diesen Umständen bedarf es kaum der Erwähnung, dass sich auf Kartoffeln, die angefeuchtet, mit Sporen von *Penicillium* und *Mucor* besät und unter die mit Chlorgas erfüllte Glocke gestellt wurden, kein Schimmel entwickelte. In einem solchen Experiment blieben sie nach einmaliger Chlorentwicklung 14 Tage lang frei von jeder Vegetation. — Diese anhaltende Schutzkraft des Mittels beruhte aber nicht etwa auf einer nachhaltigen Wirkung auf die Nährsubstanz, sondern nur in einmaliger Zerstörung der Keime; denn wurden am zweiten Tage auf ein Stück der Kartoffeln frische Sporen gesät, so entwickelten sie sich bald zu kräftigen Schimmelrasen, wenn sie auch unter der Glocke gehalten wurden.

Lebhaft vegetirende Rasen von *Penicillium* werden, wenn sie in die Chlordämpfe gebracht werden, schnell getödtet, fallen zusammen und breiten sich nicht weiter aus. Unter dem Mikroskop zeigt sich, dass auch hier das Protoplasma zusammengezogen und in viele kleine Stücke zerfallen in den Zellen des Mycels vertheilt ist.

Hefezellen werden durch Chlorgas in ähnlicher Weise verändert wie *Mucor*-Sporen. Wenn sie auf einer Glasplatte seiner Einwirkung eine Minute ausgesetzt waren, zeigt sich ihr Plasma körnig entartet und nach den Wänden zusammengezogen.

Wurde eine Lösung von Fruchtzucker und weinsteinsaurem Ammoniak, mit vieler Hefe versetzt unter die von Chlorgas erfüllte Glocke gebracht, so zeigte sich eine deutliche Beeinträchtigung der Gährung. Dieselbe wurde nicht sofort aufgehoben, es stiegen vielmehr zwei Tage lang Gasbläschen vom Grunde des Gefässes auf, doch war die Gasentwicklung bei weitem weniger lebhaft als bei einer gleichen in freier Luft stehenden Flüssigkeit. Bei der mikroskopischen Untersuchung fand sich an der Oberfläche der Flüssigkeit nach 24 Stunden eine grosse Zahl von Hefezellen mit granulirtem nach den Wänden zurückgezogenem Plasma, die also getödtet waren, auf dem Grunde dagegen waren die Zellen wohlerhalten und frisch sprossend. Auch am Ende des 2. Tages fanden sich am Grunde Hefezellen mit anscheinend unverändertem Inhalt, die Gasentwicklung hatte aber jetzt aufgehört.

Bacterien in Flüssigkeiten werden, den Gasen direct ausgesetzt, rasch getödtet. Wurde ein von lebhaft bewegten Bacterien erfüllter Tropfen unter Deckglas über Chlorgas gelegt, so zeigte sich schon nach etwa einer Minute die Wirkung. Die Bacterien waren sämmtlich unter dem Deckglase hervorgetreten und lagen dichtgedrängt bewegungslos um die Ränder desselben. Sie waren in ihren Umrissen sehr deutlich erkennbar, eine weitere Veränderung war aber an ihnen nicht wahrzunehmen.

Bei grösseren Mengen von Flüssigkeiten tritt die Wirkung des Gases gegen die Bacterien nicht so deutlich hervor. Am Grunde einer mit Bacterien und Vibrionen stark erfüllten Flüssigkeit, die unter die mit starken Chlordämpfen gefüllte Glocke gebracht war, fanden sich noch nach mehreren Tagen diese Organismen lebhaft bewegt.

Wollen wir aus solchen Versuchen eine Würdigung der Wirkung des Chlorgases für die Zwecke der Desinfection ableiten, so müssen wir zugeben, dass es bei directer Berührung ein kräftiges Gift gegen niedere Organismen ist, dessen Eigenschaft als Gas, in alle zugänglichen Höhlungen einzudringen, und sich über weite Räume zu verbreiten, ihm einen besonderen Werth verleiht. Sehr eingeschränkt wird sein Werth dadurch, dass zu seiner Wirkung die Anwesenheit von Feuchtigkeit unbedingt erforderlich ist, dass es durch Bedeckung leicht ausgeschlossen wird, dass selbst durch Flüssigkeiten die niederen Organismen gewissermassen gegen seine Wirkung geschützt werden, endlich dadurch, dass es nur augenblicklich wirkt und schnell erschöpft wird. Ich sehe hier ganz ab von den Einschränkungen, die das feindliche Verhalten des Gases gegen den menschlichen Organismus für seine Anwendbarkeit herbeiführt.

In der Praxis empfiehlt sich seine Anwendung also nur für sehr wenige Zwecke. Ganz nutzlos, und weil man auf sie vertraut sogar schädlich, sind die immer noch nicht ganz aufgegebenen trockenen Chlorräucherungen von Kleidungsstücken, ganzen Waaren-Ballen, ja ganzer in sich vielfach bedeckende Kleider gehüllter Menschen. Unzureichend und schnell erschöpft ist die desinficirende Wirkung des Chlorgases auf Flüssigkeiten z. B. in Latrinen oder Canälen. Am wichtigsten ist wohl seine Verwendung zur Desinficirung grösserer Räumlichkeiten, Krankenzimmer, Ställe u. s. w., es wäre aber auch hier rathsam vor Entwicklung der Chlordämpfe die Wände durch Anspritzen reichlich zu befeuchten.

Wie früher das Chlor, so wird jetzt vielfach die Carbolsäure als das einzige und für alle Verhältnisse geeignete Desinfectionsmittel betrachtet. Umgekehrt wie bei jenem Gase hat sie nicht der Theorie ihre Empfehlung zu verdanken, sondern sie hat sich erst allmählich Geltung verschafft, nachdem sie unter der Form unreiner Präparate wie Essenrauch, Holzessig, Steinkohlentheer, Kreosot, unreiner Carbolsäure, schon längst praktische Verwerthung gefunden.

Wir unterscheiden bei Anwendung der Carbolsäure, ob sie in Dampfform oder in Lösungen zur Wirksamkeit kommen soll. In der Praxis wird grade der Anwendung des Mittels in Dampfform eine grosse Wirkung zugeschrieben. Das früher bei grossen Seuchen übliche Räuchern in den Strassen, wird jetzt wohl zum Theil auf die Absicht Carbolsäure-Dämpfe zu verbreiten, zurückgeführt, wie in neuerer Zeit Aufstellen von Becken mit Carbolsäure als Luftdesinfectionsmittel vorgeschlagen worden ist. Das Conserviren des Fleisches durch Räuchern wird ebenfalls theilweise auch der Wirkung der im Rauch enthaltenen Carbolsäuredämpfe zugeschrieben. Vorsteher grosser Brauereien fürchten sogar Steinpappdächer in der Nähe ihrer Etablissements, weil sie der Ansicht sind, dass die Steinkohlentheerdämpfe nicht nur die Gährung, sondern auch die Keimung bei der Malzbereitung stören.

Um die Wirkung verdunstender Carbolsäure auf die Entwicklung der hier schon mehrfach als Versuchsobjecte benützten niederen Organismen zu prüfen, wurde ein Schälchen von zerflossenen Carbolsäure-Krystallen mit etwas Wasser übergossen unter eine Glas-Glocke gestellt. Nachdem es hier einen Tag gestanden, wurde zunächst unter die Glocke eine mit Hefe versetzte Traubenzuckerlösung gebracht. Die Gährung begann sehr träge, am nächsten Tage war sie noch nicht aufgehoben, aber es stiegen verhältnissmässig wenig Gasblasen auf, während die Gasentwicklung bei einer in der freien Luft befindlichen gleichen Lösung sehr stürmisch vor sich ging. Das spärliche Aufsteigen von Gasblasen dauerte am 5. Tage noch fort, während die Gährung an freier Luft am 3. Tage beendet, und bei einer in Chlorgas gebrachten gleichen Flüssigkeit am 2. Tage aufgehoben war.

Es zeigte sich also, dass die Verdunstung von Carbolsäure in ihrer Umgebung die Akoholgährung verlangsamt und stört, aber nicht vollständig aufhebt. — Eine Veränderung der Hefezellen in der den Carbolsäuredämpfen ausgesetzten gährenden Flüssigkeit war nicht zu bemerken.

Dass Schimmelbildung durch Carbolsäuredämpfe kräftig nieder-

gehalten wird, gehört gleichfalls schon zu den bekannten praktischen Erfahrungen. Als Beispiel dafür führe ich die Mittheilung eines befreundeten Collegen an. In einem seiner Zimmer stellte sich beständig starke Schimmelbildung ein, nicht blos Brot und andere Esswaaren, sondern auch Kleider, besonders Ledersachen bedeckten sich in kurzer Zeit mit Schimmel-Rasen. Er wandte dagegen Carbolsäure-Räucherungen in der Weise an, dass er rohe Säure auf einen geheizten Ofen stellte. Es entstand freilich dadurch ein fast unerträglicher Geruch, aber der Erfolg war auch vollständig, denn nach einmaliger Räucherung zeigte sich durch sechs Wochen keine Schimmel-Bildung mehr.

Prüfung im Kleinen bestätigte solche praktische Erfolge. — Unter die Glasglocke, in welcher sich die Schale mit Carbolsäure befand, wurden *Penicillium*-Sporen auf Wasser ausgesät gestellt.

Nach 12 Stunden waren die meisten Sporen stark angeschwollen, am nächsten Tage hatten einige von ihnen Keimschläuche getrieben, am 3. Tage waren die meisten gekeimt. Die Keimschläuche verlängerten sich aber nur wenig und langsam und es wurden keine Fruchtäste gebildet. – Gleichzeitig wurden Sporen von *Penicillium* und *Mucor* auf Kartoffelstücke und Brot gesät und denselben Bedingungen ausgesetzt. Nach zwei Tagen fanden sich die Sporen reichlich gekeimt. Damit war aber auch hier die Entwicklung beendet, es entstanden keine Schimmelrasen. — Mehrfache Wiederholungen dieses Versuches hatten immer dieselben Ergebnisse: Keimung der Sporen aber keine weitere Entwicklung.

Auf Bacterien wirkt die verdunstende Säure in ziemlich derselben Weise. Um einen auf Kartoffel gebrachten Schimmelrasen herum zeigten sich unter der Glocke am nächsten Tage kleine weisse Schleimtröpfchen, die lebhaft bewegte Bacterien enthielten; sie waren wohl mit dem Schimmelrasen ausgesät worden und hatten sich trotz der Carbolsäuredämpfe vermehrt. Eine weitere Ausbreitung der Bacterien fand aber hier nicht statt; während sich eine in gewöhnlicher Stubenluft ausgelegte Kartoffel in wenigen Tagen ganz mit Bacterienschleim bedeckte, blieb dieser unter Einwirkung der Carbolsäuredämpfe auf den nächsten Umkreis der Aussaatstelle beschränkt und ging auch hier bald zu Grunde, so dass die ganze Oberfläche der Kartoffel eintrocknete.

Bacterien in Wasser unter die Glocke gebracht, bewegten sich am nächsten Tage noch zum grossen Theil, am 2. Tage konnten keine bewegten Bacterien mehr gefunden werden.

Ein hemmender Einfluss der Carbolsäure in Dunstform auf die

Entwicklung niederer Organismen geht hieraus wohl unzweifelhaft hervor, derselbe hat aber seine Grenzen. Fleisch, das einige Tage an der Luft gelegen hatte, in Fäulniss übergegangen und mit einer starken Schicht von bewegten Bacterien bedeckt war, faulte weiter, auch wenn es in die Carbolsäuredämpfe gebracht wurde. Ebenso wurde die Fäulniss, sowie Bewegung und Vermehrung von Bacterien in faulendem Fleischwasser nicht aufgehoben.

Selbst bei den Nährsubstanzen, die mit frischen Aussaaten unter die Glocke mit Carboldämpfen kamen, entwickelten sich an einzelnen Stellen oft die niederen Organismen weiter. Bei Brot oder grösseren Kartoffelstücken trat dies meist am Grunde oder in an den Seiten befindlichen Höhlungen ein. Es stellte sich heraus, dass es immer solche Stellen waren, wo gewissermassen die ausgesäten Keime durch eine Vorragung überdacht und damit gegen einen senkrecht nach abwärts fallenden Stoff geschützt wurden. Durch vergleichende Versuche bestätigte sich diese Auslegung. Wurde z. B. 1 Cm. über einer mit *Penicillium*-Sporen ganz besäten Kartoffelscheibe eine Glasscheibe befestigt, doch so dass seitlich die Luft freien Zutritt hatte, so entwickelten sich auch unter der Glocke mit Carboldämpfen überall *Penicillium*-Rasen; wurde die Platte so gestellt, dass sie nur einen Theil der Scheibe überdachte, so trat an dem ungeschützten Theile keine Schimmelbildung ein. — Ebenso verhielten sich Bacterien; an den Stellen, die von oben her geschützt waren, vermehrten sie sich und breiteten sich so weit der Schutz reichte aus, an der freien Oberfläche gingen sie zu Grunde..

Es scheint hiernach, dass die Carbolsäure mit den Wasserdünsten in die Luft gerissen wird, und in der Gestalt dadurch desinficirend wirkt, dass sie sich wie ein Thau oder Reif senkrecht niederschlägt. Zwischenwände halten sie ab und schützen gegen ihre Einflüsse, wie der Thau durch die Platte eines Tisches von dem Rasen, auf dem dieser steht, abgehalten wird, und wie ein über einem Pfirsichgelände angebrachtes Brett dieses vor der Einwirkung des Reifes schützt.

In Lösungen angewandt ist Carbolsäure ein kräftiges Mittel zur directen Zerstörung niederer Organismen. Am deutlichsten zeigt sich dies bei ihrer Einwirkung auf Infusorien. Wurde in einen Wassertropfen, der eine grosse Zahl von Infusorien enthielt *(Glaucoma scintillans, Monas, Oxytricha)* nur soviel Carbolsäure gebracht, wie an einer etwa 2 Millim. eingetauchten Nadel haften blieb, so wurden sämmtliche Infusorien getödtet. Sie wurden dabei anfangs sehr lebhaft in ihren Bewegungen, darauf wurden diese unsicher, zuckend, das Infusor drehte sich dann meist wiederholt um sich selbst und

wurde plötzlich bewegungslos. Hierauf nahm es Kugelform an, die Cilien fielen ab, die Umhüllung platzte an einer Stelle, der Inhalt trat aus und die Hülle blieb als theilweise leere Blase zurück. — Das Absterben erfolgte auf diese Weise allmählich, und bei den einzelnen Infusorien zu verschiedener Zeit, offenbar weil sich die Carbolsäure nur langsam mit dem Wasser mischte. Hier konnten also die Infusorien die noch unverdünnte Säure in feinvertheilten Kügelchen aufgenommen haben oder von solchen berührt (angeätzt) worden sein. Aber auch in gut durchgemischten Lösungen genügt eine sehr kleine Menge zu ihrer Tödtung. Wurde z. B. in eine Lösung von 1 Carbolsäure zu 2000 Wasser Stücke einer Haut gebracht, die lebhaft bewegtes *Paramaecium* enthielt, so wurde dieses nach wenigen Minuten getödtet gefunden.

Ganz ebenso ist die Wirkung auf bewegte Bacterien. Durch Einbringen einer Spur Carbolsäure in den Tropfen, in dem sie schwärmten, wurde ihre Bewegung schnell aufgehoben. Wurde eine mit lebhaft bewegten Bacterien dicht erfüllte Flüssigkeit mit gleichen Theilen einer Carbolsäurelösung 1:1000 gemischt, so bildete sich sofort ein wolkiger Niederschlag, der sich als graue schleimige Masse am Boden absetzte, und in dem die bewegungslos gewordenen Bacterien nachzuweisen waren. Die Flüssigkeit darüber war klar geworden.

Die Wirkung der Säure auf den Alkoholgährungspilz ist ebenso entschieden. Wenn z. B. ca. 4 Gramm einer Carbolsäurelösung 1:1000 zu ca. 200 Gramm einer mit Hefe versetzten Fruchtzuckerlösung gemischt wurden, so trat keine Kohlensäureausscheidung ein, also eine Concentration von 0,00002 Carbolsäure hatte hier genügt, die Gährung zu verhindern. Schon frühere Angaben heben diese gährungsverhindernde Wirkung der Carbolsäure hervor, so soll z. B. Zusatz einer Drachme der Säure die Gährung in einem Maischbottig mit 5000 Cub.-Fuss Inhalt vollständig aufheben.

Um etwas genauer zu beobachten, in welchen Concentrationen und für welche Zeit die Carbolsäure die Entwicklung von Fäulniss-Bacterien aufhält, wurden Stücke von rohem Fleisch in Carbolsäurelösungen von Concentrationen 1 Säure auf 500, 1000, 2000 und 10000 Wasser, gleichzeitig auch in reines Wasser gelegt. Es wurden zu den Versuchen Stücke von ca. 30 C.Cm. mit ca. 100 C.Cm. Flüssigkeit in einem engen Gefäss so übergossen, dass diese ca. 3 Cm. über ihnen stand. Nachdem die Gefässe ca. $\frac{1}{2}$ Stunde frei an der Luft gestanden, wurden sie lose mit einem Kork verschlossen.

In dem Aufguss mit destillirtem Wasser zeigte sich nach 3 Tagen

sehr starke Trübung und reichliche Bacterienbildung; er verbreitete durchdringenden üblen Geruch. In keiner der Aufgüsse mit Carbolsäurelösung machte sich zu dieser Zeit übler Geruch oder Bacterienbildung bemerklich. Erst 6 Tage nach Beginn des Versuches begann in der Lösung 1:10000 Zersetzung des Fleisches mit Bacterienbildung und Fäulnissgeruch, von da ab schritt der Prozess hier bis zum vollständigen Zerfall des Fleisches stetig weiter.

Die Lösung 1:2000, welche fast gar keinen Carbolsäuregeruch und keinen scharfen Geschmack besitzt, blieb durch vier Wochen fast ganz klar und geruchlos. Bacterien konnten in dieser Zeit nicht nachgewiesen werden. In der fünften Woche bildete sich an der Oberfläche der Flüssigkeit ein Häutchen, in dem sich bewegte Bacterien fanden, schwacher Fäulnissgeruch stellte sich ein, von der Oberfläche des Fleisches lösten sich einzelne kleine Fetzen ab, das Innere des Fleischstückes blieb aber innerhalb sechs Wochen unversehrt.

Die Lösung 1:1000 hat ebenfalls einen schwachen, nicht unangenehmen juchtenartigen Geruch und sehr unbedeutenden Geschmack. Dieselbe blieb durch vier Wochen vollkommen klar, und erhielt sich so bei den meisten Versuchen noch weitere vier Wochen. Bacterien waren nach 6 bis 8 Wochen nie in der Flüssigkeit nachzuweisen und das Fleisch hielt sich im Innern wie an der Oberfläche unversehrt, es hatte fast ganz das Aussehen von frischem Fleische, war namentlich an der Oberfläche nicht mit einer merklichen Kruste versehen, im Innern röthlich und nur wenig blasser als am Anfange der Versuche. Sein Geschmack war nach dem Kochen nicht unangenehm.

Einigemal bildeten sich in dieser Lösung nach etwa vier Wochen auf der Oberfläche Mycelien, die sich ausbreiteten, verdichteten und über 1 Cm. lange fluthende Hyphen nach unten senkten. Diese waren farblos, vielfach verästelt und stellenweise mit Blasen besetzt, wahrscheinlich war es Wassermycel von *Penicillium*, welches auch auf der Oberfläche und am Kork fructificirte.

Das Vorkommen dieser Schimmelrasen in der Carbolsäurelösung bei Ausschluss von Bacterien deutet darauf hin, dass es Concentrationsgrade giebt, in welchen Schimmelpilze vegetiren, Bacterien aber nicht mehr gedeihen können. Dieser Grad scheint unter 1: 2000 zu liegen, denn *Penicillium* auf frisch bereitete Lösung von dieser Stärke ausgesät, entwickelte keine Mycelien.

Die Lösung von 1:500 blieb durch mehrere Monate ganz klar und frei von Organismen. Durch dieselbe wurde jedoch das eingelegte Fleisch stärker angegriffen. Seine Aussenfläche erschien gebräunt

und härter als das Innere. Dieses war fast ganz weiss, entfärbt, im Uebrigen unversehrt und von nicht üblem Geschmack.

Von den chemischen Erklärungsweisen über die Wirkung der Carbolsäure soll hier ganz abgesehen werden. Ueber ihre Wirkung im Allgemeinen kann man aus den vorhergehenden Versuchen, wie ich glaube, Folgendes schliessen. In starken Lösungen wirkt sie nach Art starker Mineralsäuren zerstörend auf organische Stoffe. Als starke Lösung ist gegenüber belebten Organismen schon die von 1 Theil Carbolsäure auf 500 Theile Wasser anzusehen. Auch 1 Theil Carbolsäure auf 1000 Theile Wasser ist schon eine Concentration, in der kein lebender Organismus bestehen kann, wahrscheinlich sind aber viel geringere Concentrationsgrade z. B. 1 : 10000 genügend, um die Entwicklung derselben durch einige Zeit nieder zu halten. Selbst damit ist wahrscheinlich noch nicht die unterste Grenze für die Wirksamkeit dieses Stoffes erreicht, wie die Wirkung kleinster Mengen gegen die Alkoholgährung zeigt.

Schon hierdurch erscheint die Carbolsäure als ein höchst wichtiges Desinfectionsmittel. Die geringe Menge, die genügt, die Entwicklung niederer Organismen zu beschränken oder ganz unmöglich zu machen, gestattet ihre Anwendung für diesen Zweck im grössten Maassstabe, die schwache Concentration, die dazu hinreicht, macht es möglich sie da zu verwenden, wo eine deletäre Wirkung auf organische Gewebe vermieden werden muss.

Selbst die Dünste der Säure haben grossen Werth als Desinfectionsmittel, doch der angegebenen Umstände wegen nicht so sichere Wirkung wie die Lösungen. Die „Keime“ tödten sie nicht, wie auch vielleicht nicht schwache Lösungen, sie hindern aber ihre Entwicklung, und dies genügt da, wo die Wirkung ununterbrochen erhalten, das heisst in kurzen Zwischenpausen desinficirt wird, denn so lange sich die Keime nicht weiter entwickeln, sind sie unschädlich.

Weiter muss die anhaltende Wirkung geringer Mengen der Säure hervorgehoben werden. Wenn sich in den vorherbesprochenen schwächeren Lösungen schliesslich auch die Desinfectionskraft verlor, so dauerte sie doch viel länger an als bei irgend einem der anderen Mittel. Die schliessliche Erschöpfung schien nicht von einem Paralysiren der Säure durch Verbindung mit dem zu desinficirenden organischen Stoffe herzurühren, sonst hätte sie bei den verhältnissmässig grossen Mengen des letzteren viel schneller eintreten müssen, sondern von einem langsamen Verdunsten der Säure, wodurch die Concentration der Lösungen geringer wurde.

In praktischer Beziehung ist also wohl kein Stoff so sehr geeignet,

in grösseren leicht zersetzbaren Massen z. B. dem Inhalt von Latrinen oder Canälen die Entwicklung niederer Organismen (Fäulniss-, Infections-Organismen) niederzuhalten, bis sie anderweitig unschädlich gemacht werden können. Ebenso ist keiner gleich gut verwendbar zur Conservirung organischer Stoffe durch einfaches Abhalten der Zersetzungsorganismen. Auch um ihre Entwicklung in lebenden organischen Theilen zu verhüten oder zu hemmen, erscheinen schwache Lösungen wohl weit unter der jetzt meist gebräuchlichen Concentration wirksam; so kann man sich ihrer in der Wundbehandlung bedienen, und nicht unwahrscheinlicher Weise kann man sie zur Vertilgung niederer Organismen in solchen Verdünnungen mit Nutzen verwenden, dass sie selbst im Innern des lebenden Körpers gebraucht werden könnten.

Die vorstehenden Besprechungen sollten nur darthun, dass einige der gebräuchlichsten Desinfectionsmittel in hervorragender Weise geeignet sind, die Entwicklung niederer Organismen zu verhindern. Es zeigte sich, dass jedes dieser Mittel in verschiedener Weise wirkte, dass wir also von keinem einzelnen derselben eine allseitige Wirkung erwarten, sondern jedes in seiner bestimmten Art und an bestimmter Stelle anwenden sollen. Wenn wir so immer in bewusster Weise individualisiren, werden wir uns vielleicht nicht über die Unwirksamkeit der Desinfectionsmittel zu beklagen haben.

Der Schluss, dass die Mittel gegen die Infectionsstoffe ebenso wirken werden, wie gegen die hier der Prüfung unterworfenen niederen Organismen, ist allerdings nur ein Schluss nach einer Analogie, bei dem augenblicklichen Stande unserer Kenntniss über die Infection ist er indess wohl nicht ungerechtfertigt. Da es sich nicht um Aufstellung endgültiger Schlüsse, sondern mehr um Gewinnung von Vergleichen handelte, möge es entschuldigt werden, dass oft in den Versuchen kein schärferes und genaueres Ergebniss erstrebt wurde.

Im strengsten wissenschaftlichen Sinne wird es erst dann möglich sein die Wirksamkeit der Desinfectionsmittel festzustellen, wenn wir ihre Einflüsse auf die Entwicklung der specifischen Infectionsorganismen prüfen können.

Rastatt, im Januar 1874.

Ueber die einseitige Beschleunigung des Aufblühens einiger kätzchenartigen Inflorescenzen durch die Einwirkung des Lichtes.

Von

Dr. A. B. Frank.

Die nachfolgenden Mittheilungen sollen auf eine Erscheinung aufmerksam machen, die soviel mir bekannt, bisher in der Literatur keine Erwähnung gefunden hat, die aber um so mehr eine Beachtung verdienen dürfte, als sie vorläufig mit keiner der bis jetzt bekannten verschiedenartigen Einwirkungen des Lichtes auf die Pflanzen sich genau identificiren zu lassen scheint.

Die Kätzchen der Weidenarten zeigen im Allgemeinen eine acropetale Aufblühfolge; oft halten allerdings die Blüthen bis über den mittleren Theil des Kätzchens hinauf gleichen Schritt, oder es sind sogar die in mittlerer Höhe stehenden den unteren etwas voraus, aber in der Regel blühen die das obere Ende einnehmenden bestimmt später auf als die übrigen; dabei verhalten sich die auf gleicher Höhe ringsum an der Kätzchenachse stehenden Blüthen einander gleich.

Eine ausgedehntere Beachtung der Aufblühfolge der Kätzchen im Freien wachsender Weidenbüsche lehrt aber, dass die ringsum gleiche Entwickelungsgeschwindigkeit der auf gleicher Höhe stehenden Blüthen eines Kätzchens sehr häufig in stärkerem oder geringerem Grade gestört ist, ja dass Kätzchen, deren auf gleicher Höhe stehende Blüthen in genau gleicher Entwickelungsphase sich befinden, sogar die selteneren Fälle sind. Die Ungleichmässigkeit besteht darin, dass die an einer Kante der Kätzchenachse befindlichen Blüthen die geförderteste Entwickelung besitzen, die an der diametral gegenüber liegenden Kante stehenden am weitesten zurück sind, und auf

beiden Seiten von der einen zur anderen Kante fortschreitend die allmählichen Abstufungen der Entwickelungsphasen gefunden werden. Die Inflorescenz ist in diesem Zustande ein bilaterales, aus zwei symmetrischen Hälften bestehendes Gebilde.

Man überzeugt sich bald, dass diese Bilateralität weder zu dem Muttersprosse, an welchem die Kätzchen stehen, noch zu irgend einem anderen Theile der Pflanze gesetzmässig orientirt ist, sondern in Beziehung stehen muss zu einer fremden, von der Pflanze unabhängigen Kraft. Ich bemerke gleich hier, dass die Erscheinungen, von denen ich spreche, nichts zu thun haben mit den ungleichseitigen Entwickelungen der *Salix*-Kätzchen, welche öfters durch parasitische Insecten hervorgerufen werden, deren Larven in den Kätzchenspindeln leben und beim Aufblühen mehr oder minder krüppelhafte Entwickelungen derselben verursachen, wobei oft die Blüthen der einen Seite ungestört sich entwickeln, während diejenigen, in deren Nähe der Schmarotzer sich niedergelassen hat, längere Zeit oder auch ganz zurückbleiben. Jene ist eine normale Erscheinung; bei ihr liegt die in der Entwickelung geförderte Kante des Kätzchens stets nach Süden, und es fällt daher, wenn das Kätzchen ungefähr senkrecht steht, wie es meistens der Fall ist, die dasselbe in zwei symmetrische Hälften theilende Ebene mit der Meridianebene zusammen. An allen Kätzchen eines und desselben Strauches, an allen auf dem nämlichen Standorte beisammenstehenden Individuen ist die mit dem Aufblühen beginnende Seite des Kätzchens ausnahmslos nach dieser Himmelsgegend orientirt. In verschiedenen Gegenden und an allen Orten, wo ich seit einer Reihe von Jahren regelmässig auf diese Verhältnisse geachtet habe, waren sie immer so sicher zutreffend, dass solche blühende Weidenkätzchen an freien Standorten als ein ganz zuverlässiger Kompass gelten können.

Am auffallendsten zeigen die Erscheinung diejenigen Arten, deren Kätzchen vor der Belaubung blühen, also zumal die in die Gruppen der *Capreae*, *Viminales* und *Purpureae* gehörigen, unter den einheimischen vorzüglich *Salix Caprea* L. und deren Verwandte, wie *S. aurita* L., *S. cinerea* L., desgleichen *S. viminalis* L., und *S. purpurea* L. Und zwar sind es überall die männlichen Kätzchen, bei denen die Ungleichseitigkeit des Aufblühens am deutlichsten ist, wenngleich auch die weiblichen diese Erscheinung nicht vermissen lassen.

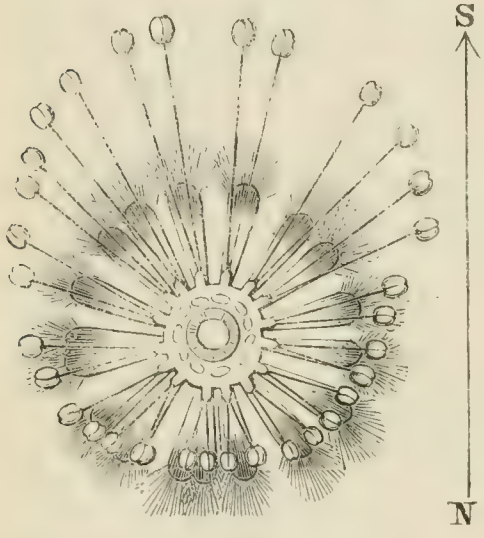
Nach dem Hervortreten aus der gesprengten Knospenschuppe sind die männlichen Kätzchen der genannten Arten bekanntlich zunächst gleichmässig grau durch die Haare ihrer Deckblättchen; bei weiterer

Vergrösserung werden sie gelb, bei *Salix purpurea* roth durch die noch geschlossenen Staubbeutel, welche in Folge der beginnenden Streckung der in der Knospe äusserst kurzen Filamente hinter den Deckblättchen hervorgeschoben werden. Wenn dann die Staubfäden bis zu einer bestimmten Länge sich gestreckt haben und die Antheren völlig hervorgetreten sind, öffnen sich die letzteren und die Verstäubung tritt ein. Während derselben fahren die Filamente noch fort sich zu strecken, um erst nach der Verstäubung ihr Längenwachsthum einzustellen. Wenn das Aufblühen ungleichseitig erfolgt, so beginnen die Filamente der nach Süden gekehrten Kante des Kätzchens ihre Streckung eher: die durch die vortretenden Antheren hervorgebrachte Gelb-, beziehendlich Rothfärbung des Kätzchens ist an der südlichen Kante eingetreten, während die entgegengesetzte noch völlig grau erscheint. In der Folge geschieht nun aber auch die weitere Streckung der Filamente der südlichen Kante rascher, als die inzwischen auch begonnene der an der entgegengesetzten Kante befindlichen Staubfäden, denn während Anfangs die Längendifferenz zwischen den beiderlei Filamenten eine geringe ist, steigert sie sich allmählich bis zu einem Maximum. Es erreichen daher auch die Staubfäden der Südseite zuerst diejenige Länge, bei welcher ihre Antheren sich öffnen, und so schreitet das Verstäuben rechts und links nach der Nordseite fort; die an der letzteren Seite stehenden Staubgefässe öffnen sich zuletzt. Wenn dann auch diese ihre volle Länge erreicht haben und ihre Antheren verstäubt sind, so ist das Kätzchen wieder ringsum von gleicher Beschaffenheit.

Das Aufblühen ist mit einer Streckung der Kätzchenspindel verbunden, durch welche die Inflorescenz aus der kurzen eiförmigen Gestalt, die sie in der Knospe besitzt, in die gestreckt cylindrische des entwickelten Zustandes übergeht. Auch diese Streckung wird häufig an der nach Süden gelegenen Kante beschleunigt, so dass das Kätzchen während des Aufblühens mehr oder weniger stark sich krümmt, wobei die Krümmungsebene mit der Symmetrieebene zusammenfällt und die Convexität nach Süden gekehrt ist; die in der Entwicklung vorgeschrittensten Blüthen stehen daher an der convexen Seite. Bei den mehr gedrungenen Kätzchen der Sahlweiden ist die Krümmung, wenn sie überhaupt vorhanden ist, meist nur schwach; viel beträchtlicher wird sie an den schlanken walzenförmigen Kätzchen der *Salix purpurea,* wo ich sie in einigen Fällen bis zur Grösse eines vollen Halbkreises beobachtete. Die in der Streckung Anfangs verlangsamte Kante holt das Versäumte späterhin nach, so dass die abgeblühten Kätzchen wieder gerade erscheinen.

Die Krümmung eines und desselben Kätzchens nimmt daher Anfangs bis zu einem Maximum zu, um darauf wieder allmählich abzunehmen. Das Maximum fällt zusammen mit der Zeit, wo die Differenz der Blüthenentwicklung an der südlichen und nördlichen Kante am grössten ist.

Eine Anschauung von der Grösse der Ungleichheit in der Entwicklung männlicher Kätzchen, wie sie sich in der Länge der Filamente und im Ausbildungsgrade der Antheren kundgiebt, wird man aus den folgenden Daten gewinnen, welche die Befunde an mehreren aufblühenden männlichen Kätzchen von *Salix cinerea* wiedergeben. Es wurden durch die untere Hälfte oder durch die Mitte Querschnitte hergestellt, welche so dick waren, dass sie ringsum auf ziemlich gleicher Höhe sitzende Deckblättchen mit Blüthen trugen, deren Entwicklungsgrad im Nachstehenden beschrieben ist. Die beistehende Figur stellt einen solchen Querschnitt eines Kätzchens von besonders auffallender Ungleichheit viermal vergrössert dar. Im Nachfolgenden bedeuten die Zahlen die Längen der Filamente in Millimetern.



Südseite.	Nordseite.
1) 8 Millim. Die Antheren vollständig verstäubt.	3—3,5 Millim. Antheren noch geschlossen; ihre Wand ist aber schon ausgebildet, so dass beim Eintrocknen des Schnittes die Antheren sich öffnen und Blüthenstaub entleeren.
2) 5,5 Millim. Die Antheren haben sich soeben geöffnet.	1—1,5 Millim. Antheren noch im jugendlichen Zustande, ihre Wand ist noch nicht vollständig ausgebildet, sie öffnet sich auch beim Eintrocknen des Schnittes nicht.
3) 6,5 Millim. Die Antheren vollständig verstäubt.	1,5 Millim. Antheren noch im jugendlichen Zustande bleiben wegen unvollständiger Ausbildung der Antherenwand auch im getrockneten Zustande geschlossen.
4) 8,5—9 Millim. Die Antheren vollständig verstäubt.	2 Millim. Antheren noch geschlossen, aber ihre Wand soweit entwickelt, dass beim Eintrocknen Oeffnen und Entleerung von Pollen eintritt.

An denjenigen Blüthen, welche an den beiden Seiten zwischen der Süd- und Nordkante inserirt sind, kommt sogar zwischen den beiden Staubgefässen einer und derselben Blüthe eine Differenz der Länge der Filamente während des Aufblühens vor, indem das der Südkante nähere Staubgefäss einen etwas längeren Staubfaden zeigt, wie auch aus unserer Figur zu ersehen ist. Ich beobachtete z. B. folgende verschiedene Längen der beiden Filamente einer und derselben Blüthe:

6 Mm. — 5,5 Mm., entsprechend einer Längendifferenz von 8,7 %.
3 = — 2,5 = = = = = = 18,2 %.
6 = — 5 = = = = = = 20 %.
4 = — 3 = = = = = = 28,6 %.

An männlichen Kätzchen von *Salix Caprea* fand ich die durchschnittlichen Längen der an der Süd- und an der Nordseite auf gleicher Zone der Spindel stehenden Staubfäden z. B. im Verhältniss von 12,09 Mm. zu 4,14 Mm., wobei die grösste Länge auf jener Seite 13 Mm., die geringste auf dieser 4 Mm. betrug. Oder es hatten die Filamente an der geförderten Seite eine durchschnittliche Länge von 10 Mm., an der gegenüberliegenden von 2,5 Mm., wobei die geringste Länge 2 Mm. war. In beiden Fällen hatten die Antheren an der Südseite sich eben geöffnet und stäubten, während die an der entgegengesetzten Seite noch geschlossen waren. An männlichen Inflorescenzen von *Salix purpurea* fand ich z. B. an der Südseite die Filamente 3 Mm. lang, und die Antheren derselben soeben verstäubt, an der Nordseite dagegen nur 0,5 Mm. lange Staubfäden und noch im jugendlichen Zustande befindliche Antheren mit noch unvollständig ausgebildeter, auch beim Trockenwerden sich nicht öffnender Wand.

Trotz der Ungleichzeitigkeit der Blüthenentwicklung innerhalb der einzelnen Querzonen des Kätzchens, bleibt doch im Allgemeinen die acropetale Aufblühfolge des letzteren gewahrt, indem jede Orthostiche ihre Blüthen in dieser Succession aufblühen lässt. Sowohl die beschleunigte Entwickelung der gerade nach Süden, wie die am meisten retardirte der nach Norden gekehrten Orthostichen schreiten von unten nach oben fort, und gleiches gilt von den zu beiden Seiten stehenden Orthostichen von intermediärer Entwicklungsgeschwindigkeit. In den südlichen Orthostichen erreicht mithin das Aufblühen zuerst die Spitze des Kätzchens, in den übrigen um so später je mehr sie der Nordseite genähert sind; in den an der letzteren gelegenen am spätesten. Oder allgemeiner ausgedrückt: jede von der Südseite entferntere, der Nordseite näher liegende Orthostiche hat

ihre in gleicher Entwickelungsphase befindlichen Glieder an einer tieferen Stelle. Wenn man an einem solchen Kätzchen alle in gleicher Entwickelung befindlichen Blüthen durch eine ringsum laufende Linie verbindet, so erhält man eine Ellipse, welche an der Südkante von ihrem höchsten Punkte beginnt und zu beiden Seiten absteigend an der Nordkante den tiefsten Punkt erreicht, und welche um so gestreckter ist, je grösser die Differenz der Entwickelung an der südlichen und nördlichen Seite ist.

Auch an den weiblichen Kätzchen macht sich die Beschleunigung der Entwickelung an der Südseite bemerklich, wenngleich hier der Natur der Blüthen nach die Differenzen nicht so auffallend hervortreten können. Die Empfängnissfähigkeit der Narbe, welche durch das Auseinandergehen ihrer beiden Lappen, die anfangs einander anliegen, und durch das Klebrigwerden ihrer Oberfläche angezeigt wird, tritt hier an solchen Standorten, wo die männlichen Kätzchen sich ungleichseitig entwickeln, auf dem nämlichen Querschnitte auch immer an der Südseite zuerst ein und schreitet rechts und links nach der entgegengesetzten Seite fort. Auch das Verblühen der weiblichen Inflorescenz, insofern es durch die Desorganisation der Narbenpapillen sich anzeigt, beginnt an der Süd- und endigt an der Nordseite. Man sieht also Kätzchen, wo die Narbenschenkel z. B. an der Südseite sich von einander gegeben haben, hinten noch ganz aneinander liegen, oder wo sie vorn bereits desorganisirt, hinten kaum oder noch nicht aufgeblüht, an beiden Seiten in voller Blüthe sind. Mit dem Empfängnissfähigwerden der Narben ist auch eine gewisse Streckung des Pistilles und des Stieles desselben verbunden, und diese geht auch noch, während die Pistille blühen, weiter. Auch diese Erscheinung läuft von der Süd- nach der Nordseite um das Kätzchen herum, so dass in dieser Periode die Pistille an jener Seite etwas länger sind, als an dieser. Es betrugen z. B. an soeben ringsum aufgeblühten weiblichen Kätzchen von *Salix Caprea* die durchschnittlichen Längen der Pistille sammt ihrer Stiele an der Südseite 6 Mm., an der Nordseite 5 Mm., in einem anderen Falle an jener Seite 5,4 Mm., an dieser 4,5 Mm.

In der bisher beschriebenen Form tritt die Erscheinung ein, wenn die Kätzchen senkrecht oder doch ungefähr senkrecht stehen, wie es mit denen von *Salix purpurea*, welche energisch negativ geotropisch sind, stets und mit denen von *Salix Caprea* und Verwandten an den aufrecht stehenden Zweigen der Fall ist. Bei den letzteren Arten sind aber die Kätzchen weniger stark geotropisch, so dass sie an schiefen, wagerechten und an geneigten Zweigen sich

meist nicht oder nur wenig aufwärts krümmen und ungefähr die Richtung ihres Muttersprosses beibehalten. An solchen von der verticalen Richtung abweichenden Kätzchen treten andere Aufblühfolgen ein, je nach ihrer zufälligen Stellung, und es sind wiederum die männlichen, an denen dies am evidentesten hervortritt. Wo die Kätzchenachse ungefähr in der Ebene des Meridianes und zwar schief aufrecht oder horizontal liegt so, dass die Spitze des Kätzchens gen Süden, ungefähr der culminirenden Sonne zugewendet ist, da beginnt das Aufblühen entgegengesetzt der gewöhnlichen Regel an der Spitze des Kätzchens und schreitet von dort aus gegen die Basis fort. Höchstens bleibt eine kleine die äusserste Spitze einnehmende Gruppe von Staubgefässen in der Entwickelung zurück; diese kommen aber auch sonst häufig nicht zum Aufblühen. Bei einer gewissen Elevation des Blüthenstandes geschieht hierbei das Aufblühen auf jeder Querzone ringsum nahezu gleichzeitig, so dass das Kätzchen nicht eigentlich bilateral wird und sich einer normal in basipetaler Succession aufblühenden Inflorescenz gleich verhält. Ist es steiler aufgerichtet, so hat die nach Süden gekehrte Kante einen geringen Vorsprung, ist es dagegen stärker geneigt, so ist an der entgegengesetzten, dem Zenith zugewendeten Kante eine Beschleunigung wahrzunehmen. Die Ellipse, welche die in gleicher Phase des Blühens stehenden Blüthen verbindet, fällt in jenem Falle an der unteren, in diesem an der oberen Seite ab, und rückt bei fortschreitendem Aufblühen in ungefähr gleichbleibender Richtung an dem Kätzchen hernieder. Befindet sich die Kätzchenachse nicht in der Ebene des Meridians, und zwar wiederum in sehr schiefer oder horizontaler Lage, so wird das Aufblühen an der zenithwärts gekehrten Kante beschleunigt und tritt an der unteren zuletzt ein; oft liegt aber in diesem Falle die mit dem Aufblühen beginnende Orthostiche etwas der südlichen Flanke des Kätzchens genähert.

Diese Wahrnehmungen deuten übereinstimmend darauf hin, dass die in Rede stehenden Erscheinungen eine bestimmte Beziehung zur Beleuchtung haben, dass immer diejenige Seite des Kätzchens, welche die längste und die intensivste Beleuchtung geniesst, in der Entwickelung vorauseilt. Denn von allen Kanten eines senkrecht stehenden Kätzchens wird diejenige, deren Hauptschnitt in der Meridianebene liegt, von der täglichen Beleuchtung der Sonne am längsten getroffen: sie ist fast von Früh bis Abends beleuchtet, also auch zu Zeiten, wo die Abend- resp. die Morgenseite Schatten haben. Und wenn auch bei Anbruch und bei Abnahme des Tages diese Kante nur in sehr schiefer Richtung von den Sonnenstrahlen

getroffen wird, so ist doch das Sonnenlicht zu der Zeit, wo es gerade in radialer Richtung auf die Südkante des Kätzchens scheint, d. i. zur Mittagszeit, am intensivsten. In gleicher Lage befindet sich die Spitze des Kätzchens, wenn dieselbe nach Süden gekehrt ist und die Kätzchenachse in der Meridianebene liegt. Es ist einleuchtend, dass, wenn der Culminationspunkt der Sonne ungefähr in der Verlängerung der Kätzchenachse liegt, alle auf gleicher Höhe befindlichen Punkte des Umfanges des Inflorescenzendes gleich stark beleuchtet sind, also auch gleichmässig in ihrer Entwickelung beschleunigt werden, dass dagegen bei steilerer Richtung des Kätzchens die nach Süden gekehrte Kante, bei stärkerer Neigung desselben die entgegengesetzte obere in der Insolation begünstigt wird, womit es wiederum übereinstimmt, dass die um das Kätzchen laufende Linie, welche die in gleicher Entwickelungsphase befindlichen Blüthen verbindet, in jenem Falle nach der unteren, in diesem nach der oberen Seite abfällt. Auch die Beobachtung endlich steht mit dem Gesagten im Einklange, dass auch in jeder anderen Richtung der Windrose die Kätzchen, wenn sie einigermassen stark geneigt sind, an der zenithwärts gekehrten Kante ihre Entwickelung beschleunigen, weil diese im Lichtgenusse im Vortheile ist gegen die beschattete untere Seite.

Um die Beziehung der in Rede stehenden Erscheinung zur Beleuchtung experimentell zu beweisen, brachte ich Zweige von *Salix cinerea,* deren Knospen männliche Inflorescenzen enthielten, vor der Blüthezeit in die entgegengesetzte Stellung, derart, dass die bisherige Nordkante der Knospen gerade nach Süden zu liegen kam. Es geschah dies ohne dass die Zweige abgeschnitten wurden, einfach durch geeignetes Umdrehen oder Umbiegen und Festbinden derselben, was sie wegen ihrer Biegsamkeit und Zähigkeit sehr wohl gestatten, und wodurch ihre weitere Entwickelungsfähigkeit durchaus nicht beeinträchtigt wird. Auf diese Weise war ein Vergleich ermöglicht mit allen übrigen Kätzchen desselben Strauches, welche in ihrer Richtung zur Windrose nicht verändert worden waren. Die Versuche wurden ausgeführt an Individuen auf einem ziemlich allseitig freien Standorte, an welchem in den vorhergehenden Jahren die ungleichseitige Entwickelung der Kätzchen auf das Deutlichste zu beobachten gewesen war. Zum Vergleiche mit den Aufblüh-Erscheinungen bei unveränderter Stellung der Kätzchen verweise ich auf die oben für *Salix cinerea* gegebenen Beschreibungen und Zahlen, welche sich gerade auf die Versuchs-Sträucher und auf dasselbe Frühjahr, in welchem

ich die Experimente anstellte, beziehen. Um zugleich den etwaigen Einfluss zu ermitteln, den die Dauer der umgekehrten Stellung vor dem Aufblühen auf das letztere ausübt, wurden Umkehrungen zu zwei um mehrere Tage verschiedenen Zeiten vorgenommen. Mit einer Anzahl Zweige geschah dies am 24. März, als die Kätzchen eben aus den gesprengten Knospenschuppen sich frei machten, eine Anzahl anderer wurden dagegen erst am 29. März umgewendet, als die Kätzchen bereits weiter erwachsen, aber noch immer ringsum gleichmässig grau gefärbt waren und noch keine Streckung der Filamente begonnen hatte. Am 2. April war das Aufblühen aller Kätzchen im vollen Gange; die in unveränderter Stellung befindlichen zeigten jetzt die ausgeprägten Ungleichheiten des Aufblühens, wie sie in dem oben citirten Beispiele geschildert sind. Die zum Versuche verwendeten hatten den gleichen Entwickelungsgrad erreicht; die an ihnen am bezeichneten Datum hervorgetretenen Erscheinungen sind aus den nachstehenden Angaben ersichtlich. Ich bemerke noch, dass ich an den zum Versuche bestimmten Zweigen vorher die ursprüngliche Südkante mit einer Marke versah, an welcher man bei Beendigung des Versuches sich überzeugen konnte, dass der Zweig, während er in der neuen Stellung festgebunden war, nicht durch eigene Torsionen u. dergl. aus der gewaltsam ihm ertheilten Stellung wieder abgelenkt worden war, indem die Marken sich immer noch an der nordwärts gekehrten Seite befanden. Ich bezeichne mit „Südseite“ und „Nordseite“ diejenigen Seiten, welche vor dem Versuche nach Süden, resp. nach Norden gekehrt waren; es ist also zu bedenken, dass die als Südseite bezeichnete während des Experimentes nach Norden stand, und umgekehrt. Die Zahlen geben wiederum die Länge der Filamente an.

I. Umkehrung am 24. März.

	Südseite.	**Nordseite.**
1)	2—2,5 Millim. Antheren noch geschlossen, aber meistens soweit ausgebildet, dass sie sich beim Trockenwerden des Kätzchens öffneten; einige waren etwas weniger entwickelt und blieben auch beim Eintrocknen geschlossen.	6—7 Millim. Antheren soeben geöffnet und im Verstäuben begriffen.
2)	2,5 Millim. Antheren wie im vorigen Falle.	6,5 Millim. Antheren wie im vorigen Falle.

II. Umkehrung am 29. März.

	Südseite.	Nordseite.
1)	7 Millim. Antheren im Verstäuben begriffen.	3 Millim. Antheren geschlossen, aber beim Trockenwerden sich öffnend und stäubend.
2)	5—5,5 Millim. Antheren soeben geöffnet und im Verstäuben begriffen.	2 Millim. Antheren noch unentwickelt, geschlossen, beim Trockenwerden zum Theil sich öffnend, zum Theil geschlossen bleibend.
3)	5,5 Millim. Antheren wie vorher.	2 Millim. Antheren wie vorher.

Aus den Ergebnissen dieser Versuche folgt zweierlei. Erstens, dass die Stellung zur Sonne in der That die Ungleichseitigkeit des Aufblühens der Weidenkätzchen bedingt; denn an Kätzchen, welche 9 Tage vor dem Aufblühen mit ihrer bisherigen Südkante nach Norden gerichtet worden waren, trat auch die Beschleunigung des Aufblühens an der entgegengesetzten Kante ein, welche bei gewöhnlicher Stellung, wie es an allen anderen Kätzchen desselben Strauches wirklich der Fall war, in der Entwickelung am meisten zurückgeblieben sein würde. Es folgt aber daraus auch zweitens, dass das Licht eine gewisse prädisponirende Wirkung ausübt, indem solche Kätzchen, welche nur 4 Tage vor dem Aufblühen in die entgegengesetzte Stellung gebracht worden waren, und welche um diese Zeit noch keine ungleichseitige Entwickelung angenommen hatten, dennoch in der Weise aufblühten, als wenn ihre jetzt nach Norden gewendete Südseite noch wie vorher nach Süden gekehrt wäre. Es werden also durch das Licht diejenigen Vorgänge, welche die Förderung der Entwickelung an der insolirten Seite bedingen, schon mehrere Tage vor Eintritt dieser ungleichen Entwickelung ausgelöst, und ist dies geschehen, so ist eine Umkehr des einmal Begonnenen dadurch nicht mehr möglich, dass die Beleuchtungsverhältnisse umgekehrt werden. Aus den Versuchen geht auch hervor, dass der Zeitpunkt, wo diese prädisponirende Wirkung erfolgt, in den Zeitraum zwischen 9 und 4 Tagen vor dem Aufblühen fällt, dass sie also wahrscheinlich coïncidirt mit den Bildungsvorgängen, welche dem Aufblühen der Inflorescenz unmittelbar vorhergehen.

Im Einklange mit diesen Ergebnissen stehen auch diejenigen, welche man erhält, wenn man die Kätzchen unter Ausschluss jeglicher Beleuchtung aufblühen lässt. Zu diesem Zwecke verwendete ich abgeschnittene Zweige von männlichen *Salix Caprea* und *purpurea*, stellte sie mit den unteren Enden ins Wasser und brachte sie so in einen dunkelen Schrank, wo sie mit ihren ursprünglichen

Südkanten, die ich durch Marken kenntlich machte, nach den verschiedensten Himmelsrichtungen gekehrt wurden. Ich hatte Zweige in demjenigen Zustande gewählt, in welchem die aus den Knospen getretenen Kätzchen noch gleichmässig grau erschienen, wo also eine Streckung der Filamente noch nicht begonnen hatte. Nur bei einigen waren die Antheren an der Südseite ein klein wenig hervorgeschoben, so dass das Kätzchen an dieser Seite gelb, resp. roth zu werden begann; diese Kätzchen wurden gleich Anfangs signirt, um sie später wieder zu erkennen. Nach einem etwa 36stündigen ununterbrochenem Verweilen im Dunkeln waren die meisten Inflorescenzen weiter entwickelt, viele waren wirklich aufgeblüht. In allen Fällen, wo die Entwickelung fortgeschritten war, fand ich sie an der ursprünglichen Südkante gefördert, die Erscheinungen stimmten mit denjenigen, die beim Aufblühen am natürlichen Standorte zu beobachten sind, überein. So betrug z. B. an einem bei Beginn des Versuches noch ringsum gleichförmigen, jetzt auf der Südseite völlig aufgeblühten Kätzchen von *Salix Caprea* die durchschnittliche Länge der Filamente an dieser Seite 8 Millim., diejenige an der entgegengesetzten nur 3 Millim.; das Maximum auf jener Seite war 8,5 Millim., das Minimum auf dieser 2,5 Millim.; die südlichen Antheren hatten sich geöffnet und stäubten, die nördlichen waren noch völlig geschlossen und stäubten erst beim Vertrocknen. Ein ebenfalls in völlig gleichförmigem Zustande dem Versuche unterworfenes männliches Kätzchen von *Salix purpurea* zeigte jetzt an der Südseite durchschnittlich 3,4 Millim. lange Staubfäden mit aufgegangenen Antheren, an der Nordseite nur 1 Millim. lange Filamente und noch völlig geschlossene Staubbeutel. Auch die bei *Salix purpurea* häufige Convexkrümmung des ganzen Kätzchens an der Südseite war in der Dunkelheit in der ausgeprägtesten Form eingetreten; es liess sich überall constatiren, dass die Convexität an der ursprünglichen Südkante lag.

Wenn an den äusseren Formbildungen Differenzen durch das Licht hervorgerufen werden, so entsteht die Frage, ob nicht auch in denjenigen inneren Vorgängen, nämlich in den Stoffbildungen, welche den äusseren Gestaltungsprocessen vorangehen, Differenzen zu finden sind, ob also die Einwirkung des Lichtes nicht noch weiter rückwärts verfolgt werden kann. Die vorstehenden Versuche lassen vermuthen, dass man nicht weit über die dem Aufblühen unmittelbar vorangehende Periode würde zurückgehen können.

Auf Längsschnitten durch männliche Kätzchen von *Salix cinerea,* die noch in der Winterknospe eingeschlossen sind, zeigt sich ein

grosses parenchymatisches Mark, welches eingefasst wird von den in der Längsrichtung aufsteigenden dünnen Fibrovasalsträngen. Letztere treten als Blattspuren in die einzelnen Brakteen und deren Blüthen, indem sie bogenförmig quer durch die Rinde verlaufen. Letztere stellt eine im Verhältniss zum Marke dünne parenchymatische Zone dar, welche in ihrer Mitte einen Intercellularraum zu bilden beginnt in Folge des Auseinanderweichens der mittleren Rindezellen, was bei späterem fortschreitendem Wachsthum des Kätzchens zunimmt. Auf dem Längsschnitte erblickt man daher zwischen den consecutiven Blattspuren Anfangs in radialer Richtung sehr schmale, später breitere rectanguläre Luftlücken, welche nach aussen von wenigen peripherischen Zellschichten, nach innen von den innersten vor den Fibrovasalsträngen liegenden Rindezelllagen, nach oben und unten von dem die austretenden Blattspuren unmittelbar umgebenden Rindegewebe begrenzt sind. Zwischen den unteren Theilen der dicht hintereinander sitzenden Deckblätter sind die Antheren verborgen; ihre Basen berühren die Oberfläche der Kätzchenachse wegen der äusserst geringen Länge der noch kaum deutlichen Filamente.

In der Knospe sind die Kätzchen, wenn auch schwach, symmetrisch: auf medianen Längsschnitten erscheinen die vorderen und hinteren Hälften etwas ungleich, indem die ersteren sowohl in der Länge als in der Dicke ein wenig stärker ausgedehnt sind. Dies wird besonders an dem Verlaufe der Fibrovasalstränge auffällig: während diese auf anderen als medianen Längsschnitten zu beiden Seiten des Markes gleichmässig schwach nach aussen convex aufsteigen, verläuft der der Aussenkante zugekehrte Fibrovasalstrang medianer Längsschnitte in einem merklich stärker gekrümmten Bogen, während der nach hinten gekehrte gegenüberstehende fast geradlinig, bisweilen sogar in einem gegen die Rinde sehr schwach concaven Bogen aufsteigt. Das Mark sowohl, als auch die peripherischen Gewebe sind also an der Vorderseite stärker gewachsen. Dem entspricht auch eine etwas merklichere Grösse der Intercellularräume in der Rinde der Vorderseite. Diese symmetrische Bildung hat offenbar mit derjenigen, welche später durch Lichtwirkung hervorgerufen wird, nichts gemein; sie ist allemal gegen den Muttersprоss orientirt und ohne Zweifel in einer Behinderung des Wachsthums an der hinteren Seite durch den dort stehenden Spross im Gegensatz zu der freien Vorderseite begründet. Wenn sich das Kätzchen aus der Knospe befreit hat und sich beträchtlicher streckt, schwindet diese Ungleichheit der Vorder- und Hinterseite wieder; tritt aber die durch das Licht bedingte ungleichseitige Entwickelung ein, so

kehrt sich die Ungleichheit um an denjenigen mit der Mediane in der Ebene des Meridianes stehenden Kätzchen, deren Hinterseite nach Süden gekehrt ist, oder sie steigert sich gleichsinnig an denjenigen, deren Vorderseite südwärts liegt.

Der erste Anfang des ungleichen Wachsthumes in Folge der Einwirkung des Lichtes besteht in ganz denselben Erscheinungen, wie die eben geschilderten. Noch ehe äusserlich eine Ungleichheit wahrzunehmen ist, hat das Mark an der Südseite sich stärker ausgedehnt, die Fibrovasalstränge beschreiben hier einen stärker nach aussen gewölbten Bogen, die Intercellularräume der Rinde sind hier etwas grösser geworden. In der Folge wird dann die durch die zunehmende Ungleichheit in der Ausdehnung der einzelnen Gewebe bedingte Krümmung des Kätzchens äusserlich bemerkbar; die Filamente der Südseite beginnen sich zuerst zu strecken und es folgen nun die einzelnen Entwickelungsphasen in der bereits beschriebenen Weise.

Von den Vorgängen der Stoffbildungen in den dem Aufblühen entgegengehenden Kätzchen ist das transitorische Erscheinen von Stärkekörnern in den Zellen der parenchymatischen Gewebe der Beobachtung zugänglich. Im Knospenzustande während des Winters sind die männlichen Kätzchen bei den von mir hierauf untersuchten Arten (*Salix cinerea* und *viminalis*) stärkefrei. Das Fehlen oder Vorhandensein von Stärkemehl wies ich mittelst der üblichen Methode nach, nämlich durch längeres Behandeln der Schnitte mit Kalilauge und, nach Neutralisiren mittelst Essigsäure und Auswaschen, durch Färbung mit Jodlösung. Der Mangel der Stärke in den männlichen Weidenkätzchen während des Winters und das transitorische Erscheinen derselben beim Beginne der Weiterentwickelung im Frühlinge stimmt überein mit den von *Famintzin* und *Borodin* an den Knospen und männlichen Kätzchen der Birke und der Schwarzpappel gemachten gleichen Beobachtungen (Botanische Zeitg. 1867 No. 49). Kurz vor der Zeit nun, wo sich die Kätzchen der genannten Weidenarten aus der Knospe befreien, findet sich kleinkörnige Stärke zunächst im Parenchym der Kätzchenspindel ein. Sie wird zuerst sichtbar in ziemlich reichlicher Menge in der Stärkeschicht um die Fibrovasalstränge, etwas später auch in dem übrigen Parenchym des Markes und der Rinde. Das Eintreten der Stärkebildung geschieht deutlich in acropetaler Folge. Die Staubgefässe enthalten um diese Zeit noch kein Stärkemehl. Sobald aber die Filamente sich einigermassen zu strecken beginnen, erscheint dasselbe auch in ihnen. Während z. B. in einem Falle in Filamenten von 0,4 Millim. noch keine Spur von Stärke, desgleichen auch nicht in

den Antheren zu finden war, bemerkte ich in einem anderen Falle bei einer Länge der Filamente von 0,5 Millim. zunächst in den die Fibrovasalstränge umgebenden Parenchymzellen einige kleine Stärkekörnchen. Und zwar scheint dieses erste Auftreten der Stärke auf der ganzen geringen Länge des Staubfadens gleichzeitig einzutreten; wenngleich bisweilen in den unteren Hälften etwas mehr Stärkekörnchen in den Zellen enthalten sind. Die Zahl der Körnchen nimmt bei weiterer Entwickelung der Filamente zu, sowohl in der einzelnen Zelle, als auch im ganzen Gewebe, denn die Stärke erscheint alsbald auch in den übrigen Parenchymzellen des Filamentes. Um diese Zeit findet sie sich auch in der Anthere ein; hier kommt sie zum Vorschein in den Schliesszellen der Spaltöffnungen, welche auf dem Connectiv sich befinden; ausserdem tritt sie in Pollenkörnern auf, aber nur in verhältnissmässig wenigen, die meisten fand ich dauernd stärkefrei. Schon bei c. 1 Millim. Staubfädenlänge ist das Auftreten derselben im Parenchym allgemein geworden, bei einer Länge von 1,25 — 2 Millim. sind die Parenchymzellen bereits reichlich mit Stärkekörnchen erfüllt. Auch dieses geschieht im Allgemeinen in der ganzen Länge des Fadens gleichzeitig; nicht selten bemerkt man aber in dieser Periode in der unteren Hälfte und an der Spitze unmittelbar unter den Antheren einen etwas grösseren Reichthum des Parenchyms an Stärkemehl. Haben die Filamente eine Länge von 3 Millim. erreicht, so verschwindet die Stärke wieder aus ihnen, zuerst in der oberen Hälfte, dann in der unteren bis zur Basis. In den Antheren erhält sie sich zunächst noch in den Schliesszellen der Spaltöffnungen. Bei 4—5 Millim. Staubfadenlänge ist sie auch hier verschwunden; nur in den Pollenkörnern, in denen sie vorkommt, persistirt sie. Während dieser Zeit wird auch in der Kätzchenspindel die Stärke allmählich wieder aufgelöst; wenn das Aufblühen beginnt, ist sie hier nur noch in wenigen Körnchen in der Stärkeschicht um die Fibrovasalstränge zu finden, wo sie aber auch bald verschwindet.

Einen früheren Eintritt der Stärkebildung an der Südseite der männlichen Kätzchen konnte ich weder im Parenchym der Kätzchenspindel noch in den Filamenten auffinden. Ich hatte zu diesen Untersuchungen solche Sträucher benutzt, an welchen später das Aufblühen an der südlichen Kante der Kätzchen stark beschleunigt wurde. In der Kätzchenspindel, in welcher das Stärkemehl weit früher als in den Filamenten, noch lange ehe eine gestaltliche Differenz der beiden Kätzchenseiten wahrzunehmen ist, auftritt, erscheint es an der Süd- wie an der Nordseite nicht merklich ungleichzeitig. Im Folgenden gebe ich die Befunde an je 2 auf gleicher Höhe gegen-

überstehenden Filamenten der Süd- und Nordseite in einer Reihe aufeinanderfolgender Entwickelungsphasen aus dem Knospenzustande hervortretender männlicher Kätzchen von *Salix cinerea*.

1) Filamente der Süd- und der Nordseite 0,4 Millim. lang, beide ohne Stärkemehl, auch die Antheren stärkefrei.

2) Nord- und Südseite mit 0,5 Millim. langen Filamenten; diese enthalten beide im Parenchym um die Fibrovasalstränge Stärkekörnchen in ihrer ganzen Länge.

3) Staubfäden an der Südseite 0,7—1 Millim., an der Nordseite 0,5 Millim. lang, beide in der ganzen Länge mit Stärkekörnern im Parenchym.

4) Filamente der Südseite 1,25 Millim., der Nordseite 1 Millim. lang, beide auf der ganzen Länge reichlich mit Stärke erfüllt, am reichlichsten in der unteren Hälfte und an der Spitze.

5) Südseite mit 2 Millim. langen Staubfäden, die in der ganzen Länge, besonders in der unteren Hälfte und an der Spitze mit Stärke erfüllt sind; Nordseite mit 1 Millim. langen, ebenfalls auf der ganzen Länge reichlich stärkeführenden Filamenten.

6) Staubfäden an der Südseite 3 Millim. lang, das Stärkemehl ist in ihrer oberen Hälfte bereits verschwunden, in der unteren ist dasselbe noch vorhanden, am meisten im unteren Viertheil. Filamente der Nordseite 1,25 Millim. lang, in der ganzen Länge noch reichlich, in der unteren Hälfte und an der Spitze am reichlichsten mit Stärke erfüllt.

Aus dem Vorstehenden ergiebt sich, dass das Erscheinen der Stärke, ihre Zunahme und ihr Wiederverschwinden in der Kätzchenspindel und in den Filamenten an bestimmte Entwicklungsstadien des Kätzchens, an bestimmte Längen der Staubfäden geknüpft ist. Desshalb findet denn, weil die Stärke in den Filamenten bei einer Länge derselben erscheint, wo ein Grössenunterschied zwischen den an der Nord- und Südseite diametral gegenüberstehenden Staubgefässen noch nicht hervorgetreten ist, auch in dem Erscheinen des Stärkemehls keine Beschleunigung an der Südseite gegen einen in gleicher Höhe stehenden Punkt der Nordseite statt. Es bedarf kaum der Erwähnung, dass recht wohl Differenzen hinsichtlich der Stärkebildung an der Süd- und Nordseite eines und desselben Kätzchens in Blüthen, die auf verschiedener Höhe stehen, vorkommen; dass z. B. bei einem in acropetaler Folge aufblühenden Kätzchen die unteren Filamente der Südkante bereits Stärke gebildet haben, während die in der oberen Hälfte an der Nordkante stehenden noch stärkefrei sind. Nur bei dem Wiederverschwinden der Stärke aus den Filamenten ist ein Unterschied zwischen auf gleicher Höhe befindlichen Blüthen der Süd- und

Nordseite wahrzunehmen, weil dieser Process an eine Entwicklungsphase des Staubgefässes geknüpft ist, wo ein Längenunterschied der an der Süd- und Nordseite gleich hoch stehenden Filamente vorhanden ist. Der Eintritt der transitorischen Stärkebildung ist daher nur ein die morphologischen Bildungsprocesse innigst begleitender Vorgang; er giebt keinen näheren Aufschluss über jene vorbereitende Wirkung des Lichtes, welche eine Reihe von Tagen den bilateralen morphologischen Bildungsprocessen vorausgeht und dieselben bedingt.

Dass die hier behandelten Erscheinungen in causaler Beziehung zu der Richtung stärkster Beleuchtung stehen, ergiebt sich auch daraus, dass die Kätzchen mit den Seiten stärkster Beschleunigung und stärkster Hemmung der Entwickelung nur dann in der Richtung der Meridianebene orientirt sind, wenn in dieser ungefähr die Resultirende aller während des Tages auf das Kätzchen fallender Beleuchtungen liegt, wenn der Strauch während des Vor- und während des Nachmittags nahezu gleichlange und gleichstarke Beleuchtung geniesst. Es wurde schon oben hervorgehoben, dass wenn die Kätzchen sehr geneigte Stellung haben, das Aufblühen an der zenithwärts gekehrten Seite beschleunigt, an der dem Boden zugewendeten verzögert wird; jenes ist die in der Beleuchtung begünstigte, dieses die beschattete. Besonders deutlich tritt dieses Verhalten im dichten Walde hervor, wo das Licht vorzugsweise von oben kommt. Aber die geförderte Seite der Kätzchen kann auch nach anderen Himmelsrichtungen als nach Süden orientirt sein, sobald die Umgebung der Lokalität nur eine einseitige Beleuchtung durch das Licht des Himmels gestattet. An Weidengebüschen, welche hart am Fusse steil abfallender hoher Felswände wachsen, denen gegenüber die Gegend offener ist, lassen ihre Kätzchen an der der Felswand abgekehrten offenen Seite zuerst aufblühen, gleichgültig welche Himmelsrichtung dies ist. Wird durch die Felswand z. B. die Beleuchtung von Süden her abgeschnitten und bekommt die Weide erst gegen Abend directes Sonnenlicht, so sind die im Aufblühen geförderten Kanten der Inflorescenzen auch nach dieser letzteren Himmelsrichtung hingekehrt. Gleiches ist auch an Rändern dichter Wälder, die an freies Land angrenzen, zu beobachten. An einem nördlichen solchen Waldrande stehende männliche *Salix viminalis* zeigte mir ausgeprägte Beschleunigung des Aufblühens an der freien Nordseite. Die durchschnittlichen Längen der Filamente gleich hoch stehender Blüthen einiger eben aufblühender Kätzchen fand ich hier an der Nordseite 7,2 Millim., an der Südseite nur 0,7 Millim., wobei das Maximum an jener 7,5 Millim., das Minimum an dieser 0,5 Millim. betrug. An einem freien Standorte zeigte *Salix viminalis* zu derselben Zeit an der Südseite soeben aufblühen-

der Kätzchen eine durchschnittliche Länge der Staubfäden von 6,7 Millim., an der Nordseite von 2 Millim., wobei das Maximum dort 8 Millim., das Minimum hier 1,25 Millim. betrug.

Die meisten kätzchenartigen Inflorescenzen verwandter Gattungen und Familien lassen bei ihrem Aufblühen keine ähnlichen Erscheinungen beobachten, wie die hier geschilderten; einmal weil bei ihrer Dünne und bei der geringen Anzahl der auf gleicher Höhe um die Kätzchenspindel sitzenden Blüthen der Gegensatz vorderer und hinterer Blüthen minder hervortritt als bei *Salix;* dann aber auch weil bei ihnen meist kein Blüthentheil ein derartiges Längenwachsthum zeigt, wie die Filamente der Weiden, an denen daher die Entwickelungsunterschiede sehr bedeutend ausfallen können. Nur bei *Betula alba* beobachtete ich, dass die Streckung der männlichen Kätzchen, welche dem Aufblühen vorhergeht, und durch welche die vorher starren Blüthenstände ihre schlaffe pendulirende Beschaffenheit erhalten, bisweilen deutlich auf der Südseite beginnt. Die Kätzchen nehmen dann in dieser Periode eine mehr oder minder starke Krümmung an, deren Konvexität ausnahmslos gen Süden gekehrt ist, die aber beim weiteren Fortgang der Entwickelung sich rasch wieder ausgleicht unter beträchtlicher Streckung und Schlaffwerden des Kätzchens. In solchem Falle verhalten sich sämmtliche Inflorescenzen des Baumes, da sie nahezu zu der nämlichen Zeit aufblühen, in gleicher Weise: wenn man den richtigen Zeitpunkt trifft, so findet man ausser wenigen Kätzchen, deren Streckung noch nicht begonnen hat und welche noch gerade sind, die meisten mit einer nach Süden weisenden Konvexkrümmung; kein einziges Kätzchen ist nach einer anderen Himmelsrichtung gekrümmt. An den männlichen Inflorescenzen von *Alnus* und von *Corylus* konnte ich etwas Derartiges nicht bemerken; sie sind hierzu schon deshalb weniger geeignet, weil ihr Aufblühen gewöhnlich in eine so frühe Zeit des Jahres fällt, dass ihr Entwickelungsgang durch die Ungleichheiten und die Widerwärtigkeiten der Witterung vielfach gestört oder selbst unterbrochen wird.

Dagegen dürften einige andere unserem Falle etwas ferner stehende Erscheinungen ihrem physiologischen Grunde nach auch hierher gehören. Das sind zunächst die meisten beerenartigen Früchte, deren Reifungsprocess an der stärkstbeleuchteten Seite beschleunigt wird, worauf schon Decandolle (Physiologie végétale, III. pag. 1082) hingewiesen hat. Sehr gewöhnlich zeigt sich dies an den an Spalieren gezogenen Obstfrüchten, an den während ihrer Entwickelung am Boden liegenden Gurken und Kürbissen, an allerlei anderen saftigen Früchten, wenn sie nur an einer Seite dem Lichte zugänglich, an den übrigen durch Blätter etc. beschattet sind. Das Wachs-

thum des fleischigen Gewebes und damit die Zunahme des Umfanges der Frucht, die Vermehrung des Zellsaftes, also das Saftigwerden des Fleisches, die damit zusammenhängenden Stoffbildungen, zum Theil auch die in dieser Periode eintretenden Färbungen beginnen, resp. werden beschleunigt an der Lichtseite der Früchte.

Auf einer transitorischen Beschleunigung der Entwickelung einer bestimmten Seite gewisser Organe, die späterhin sich wieder ausgleicht, beruht auch die hakenförmige Abwärtskrümmung der Enden wachsender Sprosse vieler Laubhölzer, wie diejenigen von *Tilia, Ulmus, Carpinus, Corylus, Fagus etc.,* desgl. der Blättchenstiele der aus der Knospe austretenden Blätter von *Aesculus,* die vor dem Aufblühen eintretende Abwärtskrümmung der Blüthenstiele oder der Blüthenstände mancher Pflanzen. Hofmeister (Allgemeine Morphologie der Gewächse, p. 602) lässt diese Erscheinungen auf einer Anhäufung organisirter Substanz in der oberen Längshälfte von der Verticale abgelenkter Gebilde beruhen, was wohl die Annahme einschliesst, dass die Gravitation die Ursache dieser Verhältnisse ist. Es liegt jedoch kein eigentlicher Beweis dafür vor, dass hier die Gravitation und nicht das Licht im Spiele ist, obgleich für die Knospen der genannten Laubbäume das erstere wahrscheinlicher sein dürfte, denn bei ihnen macht sich eine prädisponirende Wirkung derart geltend, dass wenn Zweige dieser Pflanzen vor der Entfaltung der Knospen umgedreht werden, die später sich entwickelnden Sprosse ihrer früheren Lage entsprechend, also nach oben hakenförmig sich umkrümmen. Die zu mehreren übereinander liegenden Knospenschuppen dieser Bäume dürften nur wenig Licht durchlassen. Die ganze Frage bedarf aber jedenfalls einer wirklichen Prüfung.

Ebenfalls verwandt mit unserer Erscheinung ist die seit Wichura (Pringsheim's Jahrbücher II.) bekannte Thatsache, dass die Kapseln mancher Moose, wie die von *Buxbaumia, Catharinea, Polytrichum,* an der am stärksten beleuchteten Seite nach allen Richtungen viel beträchtlicher wachsen als an der entgegengesetzten, wodurch sie für immer eine stark ungleichhälftige Form bekommen. Allein dieses Verhältniss ist doch trotz aller Aehnlichkeit wesentlich verschieden, denn wir haben es hier wirklich mit einer definitiv grösseren Massenanhäufung organisirter Substanz an der stärkstbeleuchteten Seite des Pflanzentheiles zu thun, während in den oben angezogenen Fällen und in dem speciell hier behandelten es sich nur um eine Beschleunigung aller Bildungsvorgänge an der stärkstbeleuchteten Seite während einer gewissen Periode der Entwickelung, aber nicht um eine schliessliche grössere Massenanhäufung an einer Seite des Pflanzentheiles handelt. Aus diesem Grunde habe ich Eingangs die hier

dargestellte Erscheinung zunächst noch als eine besondere, mit den übrigen nicht genau zu identificirende Wirkung des Lichtes bezeichnet.

Die einseitige Beschleunigung des Aufblühens steht nicht im Widerspruch mit der Thatsache, dass Licht das Längenwachsthum retardirt, Lichtmangel dasselbe fördert, bei höchstem Wirkungsgrade Etiolement erzeugt. Denn dieser Satz hat nur für vegetative Pflanzentheile Geltung, er lässt sich nicht auf Organe der Blüthen ausdehnen. Nach Sachs' (Bot. Zeitg. 1863 u. 1865) Ermittelungen hat die Dunkelheit auf die Formbildung der Blüthentheile keinen Einfluss; auch bei dauerndem Ausschlusse des Lichtes nehmen die Blüthen ihre normalen Grössen- und Gestaltsverhältnisse an; auch die von mir im Dunkeln zum Aufblühen gebrachten Weidenkätzchen zeigten nur normale Erscheinungen. An vegetativen, speciell an chlorophyllhaltigen Pflanzengliedern, und zwar an solchen, welche wie auch die Filamente der Weiden vorzugsweise in der Längsrichtung wachsen, erfolgt allerdings bei Minderung oder gar bei völligem Ausschlusse der Beleuchtung eine beträchtlichere Streckung als im intensiven Lichte. Nun ist aber durch die Untersuchungen von Sachs (Arbeiten des bot. Instit. in Würzburg 2. Heft) und Prantl (Ebenda, 3. Heft) bekannt, dass dieser Effect des Lichtes von äusserst rascher Wirkung ist, dergestalt, dass in Folge des täglichen Wechsels von Nacht und Tageshelle eine Periodicität des Längenwachsthumes solcher grünen Pflanzentheile nachzuweisen ist, indem die stündlichen Zuwachse von Sonnenaufgang an während des Tages abnehmen, bis zum Abend ein Minimum erreichen, um während der Nacht wieder bis zu einem Maximum zu steigen, welches kurz nach Tagesanbruch eintritt. In dieser Hinsicht zeigt aber die entgegengesetzte Wirkung des Lichtes auf die Entwickelung der Weidenkätzchen andere Eigenthümlichkeiten. Der Umstand, dass der am Wachsthume der Filamente sich kund gebende Effect durch die Stellung des Kätzchens zum Lichte schon mehrere Tage voraus bedingt wird, so dass er dann auch in ganz anderen Beleuchtungsverhältnissen eintritt, schliesst jeden Gedanken an einen Vergleich mit jener so raschen und kurzen Wirkung des Lichtes auf das Längenwachsthum aus; er verbietet überhaupt, hier einen blossen durch das Licht erzeugten Wachsthumseffect zu erblicken, und hilft uns damit über den Widerspruch hinweg, in welchem sonst diese Wirkung des Lichtes mit derjenigen an den chlorophyllhaltigen Pflanzentheilen sich befinden würde. Es ist zu beachten, dass die ungleiche Beschleunigung des Längenwachsthumes der Filamente nur eine der verschiedenen Erscheinungen ist, welche hier durch das Licht hervorgerufen werden. Es handelt sich hier überhaupt um sämmtliche Bildungs-

vorgänge der Inflorescenz, unter denen sich auch Erscheinungen befinden, die etwas ganz anderes als Streckungen von Zellmembranen sind. So die Entwickelung der Antheren, die Ausbildung der Antherenwand, welche in einem bestimmten Zeitpunkte das Aufgehen derselben und die Entleerung des Blüthenstaubes bedingt, der Reifegrad des Pollens, andererseits an den weiblichen Blüthen die Processe, welche die Empfängnissfähigkeit des Pistills anzeigen, nämlich die Auseinanderlegung der Anfangs sich anliegenden Narbenschenkel, die Entwickelung der Narbenpapillen, die Secretion der Narbenfeuchtigkeit; endlich auch die Erscheinungen des Verblühens, also die Sistirung der Streckung der Filamente, die Desorganisation der Narben, und somit offenbar auch die verborgeneren Vorgänge in den weiblichen Organen, welche als die Folgen der Befruchtung sich darstellen. Wir haben hiernach diese Erscheinung zu deuten als eine Wirkung des Lichtes auf die gesammten Bildungsvorgänge eines Pflanzenorganes, eines Blüthenstandes in allen seinen Theilen, und müssen sie daher am nächsten vergleichen mit den ebenfalls an der stärkst beleuchteten Seite eintretenden Förderung der Gesammtentwickelung z. B. bei den genannten Mooskapseln und den verwandten Erscheinungen, welche nach Hofmeister's (l. c. p. 627—628) Dafürhalten sich hier anschliessen; nur verhält sie sich darin eigenthümlich, dass während in jenen Fällen die erhöhte Bildung an der stärkstbeleuchteten Seite dauernd bleibt, sie hier nur transitorisch auftritt und somit nur den Charakter einer Beschleunigung der Bildungsthätigkeit an dieser Seite annimmt.

Die Thatsache, dass das Aufblühen durch stärkere Beleuchtung gefördert wird, steht selbstverständlich nicht im Widerspruche mit Sachs' Beobachtungen, nach denen die Blüthen im Dunkeln in gleicher Weise sich bilden und blühen wie im Lichte. Durch diese Beobachtungen wird eine Abhängigkeit des Wachsthumes der Blüthentheile vom Lichte nur insofern geleugnet, als in der Dunkelheit keine anderen, insbesondere nicht analoge Formbildungen der Blüthentheile eintreten, wie beim Etiolement an den grünen Gebilden. Mit diesem Satze stehen auch die im Vorstehenden gemachten Angaben im vollen Einklange. Nur die relative Geschwindigkeit des Aufblühens wird vom Lichte beeinflusst, und diese Thatsache wird eben am leichtesten bemerklich an umfangreichen vielblüthigen polysymmetrischen Inflorescenzen von cylindrischer Gestalt, indem sie an der stärkstbeleuchteten Seite in allen Entwickelungserscheinungen des Aufblühens vorauseilen.

Leipzig, im Februar 1874.

Ueber die Function der Blasen von Aldrovanda und Utricularia

von

Dr. Ferdinand Cohn in Breslau.

Mit Tafel I.

Das Juliheft der englischen Zeitschrift *Nature* brachte in diesem Jahre den Bericht über einen Vortrag, welchen der durch seine scharfsinnigen Forschungen über Bacterien auch in botanischen Kreisen berühmt gewordene Physiologe der Londoner Universität, Dr. Burdon Sanderson in der *Royal Society* über *Dionaea* gehalten hat. Sanderson, der bekanntlich schon im vorigen Jahre bei der Versammlung der *British Association* zu Brighton seine merkwürdigen Entdeckungen über electrische Ströme vorgetragen hatte, welche durch die Reizbewegungen der Blätter von *Dionaea* ausgelöst werden, giebt nunmehr Nachricht von dem Verhalten dieser Pflanze zu den Insecten, welche, wie längst bekannt, in ihren Blättern gefangen werden, und ihr den populären Namen der Venus-Fliegenfalle *(Fly trap)* verschafft haben. Sanderson bezieht sich in seinem Vortrage auf eine im Erscheinen begriffene Abhandlung von Charles Darwin über *Droseraceae,* und führt diesen Naturforscher als Autorität für seine eigenen Mittheilungen und Anschauungen an.

Der Inhalt derselben ist im wesentlichen folgender. Das nahezu kreisförmige Blatt von *Dionaea* ist bekanntlich auf seiner Innenseite mit schildförmigen, kurz gestielten rothen Drüsen besetzt, und trägt ausserdem auf jeder Blatthälfte drei Borsten; ebenso ist der ganze Blattrand borstig bewimpert. Wird eine der Borsten auf der inneren Blattfläche berührt, so beugen sich die beiden Blatthälften augenblicklich mit der Innenseite gegen einander, breiten sich aber nach kurzer Zeit wieder aus. Hat aber ein Insect an eine der Blattborsten angestossen und findet sich dasselbe zwischen den sofort zusammengefalteten Blatthälften gefangen, so bewirkt es grade durch seine

Bemühungen zur Befreiung eine stetige Steigerung des Reizes derart, dass schliesslich die Blatthälften fest aufeinander gepresst werden und das zwischen ihnen eingeschlossene Thierchen zerdrückt werden kann. Alsdann beginnen die rothen Drüsen einen sauren Saft auszuscheiden, der den Zwischenraum zwischen den Blattflächen erfüllt; durch diesen Saft wird das Insect digerirt; erst nach längerer Zeit, nachdem die Weichtheile des Thierchens vollständig aufgezehrt sind, vermag sich die zusammengefaltete Blattfläche wieder auszubreiten.

Den ganzen Vorgang betrachtet Dr. Burdon Sanderson in Uebereinstimmung mit Darwin als eine Verdauung; in der nämlichen Weise wie die Drüsen des Verdauungsapparats bei einem Thiere einen meist sauren Saft (Magensaft und Pepsin etc.) ausscheiden, um die Nahrungsmittel löslich zu machen, und zwar nur dann, wenn dieselben durch den Reiz der Speise in Thätigkeit versetzt werden, ganz ebenso wird der saure Verdauungssaft der *Dionaea*blätter nur dann von den rothen Drüsen secernirt, wenn sich ein Insect zwischen ihnen befindet, und einzig und allein zu dem Zwecke, um die weichen Gewebe des gefangenen und getödteten Insects aufzulösen und zur Ernährung der Pflanze zu verwenden.

Dass obige Darstellung auf den ersten Blick die schwersten Bedenken des Botanikers herausfordert, dass dieselbe mit Allem, was wir über die Function der Blätter, sowie über die Ernährung grüner Pflanzen wissen, im Widerspruch zu stehen scheint, brauche ich nicht erst auszuführen. Ich musste mir jedoch sagen, dass Ansichten, zu welchen ein so grosser Naturforscher wie Darwin, und ein so exacter und klarer Beobachter wie Burdon Sanderson gelangt sind, vor Allem eine ernste Prüfung beanspruchen dürfen. Obwohl die Untersuchungen dieser Männer bisher nur fragmentarisch bekannt geworden, und insbesondere die Beobachtungen Darwin's über *Drosera*, auf welche der Sanderson'sche Vortrag hinweist, noch nicht publicirt sind, so fühlte ich mich doch durch das hohe Interesse der ganzen Frage um so mehr zu einer Nachuntersuchung angeregt, als mich die *Droseraceen* schon seit langen Jahren beschäftigt haben; ich verweise hier nur auf die von meinem früheren Schüler, Prof. Nitschke, veröffentlichte Inauguraldissertation „*De Droserae foliorum irritabilitate,* Breslau 1854," so wie auf meine Untersuchungen über *Aldrovanda vesiculosa* in der Flora 1850 No. 43 und im 28. Jahresberichte der Schlesischen Gesellschaft für 1850. S. 108—114.

Durch die Güte des Herrn Apotheker Fritze zu Rybnik in Oberschlesien erhielt ich auf meine Bitte Mitte Juli eine Sendung lebendiger *Drosera rotundifolia,* sowie von *Aldrovanda vesiculosa,*

welche mich in den Stand setzte, zunächst unsere einheimischen *Droseraceen* in Bezug auf ihr Verhalten zu Insecten zu untersuchen.

Da für *Drosera* umfassende Entdeckungen in dem von Ch. Darwin angekündigten Werke noch zu erwarten stehen, so begnügte ich mich bei dieser Pflanze die im Wesentlichen schon bekannte Art und Weise mir wieder zur Anschauung zu bringen, in welcher die Blätter von *Drosera* zahlreiche kleine Insecten, insbesondere kleine Dipteren, vermittelst ihrer reizbaren Köpfchenhaare fangen, und dieselben so lange festhalten, bis sie getödtet und mit Ausnahme der zurückbleibenden Chitinskelette aufgelöst sind. Leicht liess sich nun feststellen, dass der intensivrothe Zellinhalt der Köpfchen sauer ist; denn der rothe Farbstoff dieser Zellen, welche in radialer Anordnung ein Bündel von Spiralfaserzellen umgeben, wird durch Basen (Kali) erst blau dann grün, und nimmt nach Zusatz von Salzsäure wieder seine rothe Farbe an; aber auch der klebrige, fadenziehende Saft, welchen diese Köpfchen ausscheiden, reagirt stark sauer; jedes Köpfchen erzeugt auf angedrücktem blauem Lackmuspapier einen kleinen rothen Fleck. Auffallend ist, dass auch die Wurzelspitzen der *Drosera* in den Zellen der Wurzelhaube denselben rothen, auf eine saure Reaction hinweisenden Inhalt haben, wie die Köpfchen der Drüsenhaare.

Bei *Aldrovanda* war die Aehnlichkeit der Blätter mit denen von *Dionaea* schon lange bekannt; aber weder ich, noch Caspary, der meine Beobachtungen in der botanischen Zeitung im Jahre 1859 bestätigte und nach reichlicherem Material und gründlicherer Untersuchung erweiterte und zum Theil berichtigte, hatten eine Ahnung davon gehabt, dass *Aldrovanda* auch in den Reizbarkeitserscheinungen mit *Dionaea* übereinstimme. Erst im vorigen August (1873) wurde durch den Obergärtner am K. botanischen Garten von Berlin, Herrn Berthold Stein, welcher damals Lehrer an der Ackerbauschule zu Popelau bei Rybnik war, die interessante Entdeckung gemacht, dass die Blätter der *Aldrovanda* bei hoher Temperatur (27—30° R.) nicht längs des Mittelnervs zusammengefaltet, sondern breit geöffnet seien, dass sie, wenn sie in diesem Zustand auf der Innenseite mit einem feinen Drath berührt würden, sich augenblicklich, ganz wie bei *Dionaea,* zusammenlegen, und dann fremde Körper, z. B. Stecknadelköpfe einschliessen können; sie halten ihre Einschlüsse 24—36 Stunden lang fest, bevor dieselben aus den klaffenden Blatthälften wieder herausfallen. Als im Herbst die Temperatur des Wassers sank, wurde an den *Aldrovanda*blättern keine Reizbarkeit weiter beobachtet. (Vergleiche dessen Mittheilungen in

der Sitzung der botanischen Section der Schlesischen Gesellschaft vom 29. Jan. 1874 und in den Verhandlungen des botanischen Verein für die Provinz Brandenburg von 1874.)

Die Entdeckung Steins legte es nahe, nachdem die Darwin-Sanderson'schen Beobachtungen mir bekannt geworden, auch bei *Aldrovanda* Beziehungen zu Insecten zu vermuthen, um so mehr, als Stein selbst schon Wasserinsecten neben Holzstückchen in *Aldrovanda*blättern eingeschlossen gefunden hatte. Zunächst bemühte ich mich daher, an der Rybniker *Aldrovanda* die Beobachtungen über die Reizbarkeit der Blätter zu bestätigen, und in der That fand ich nunmehr, dass der grösste Theil namentlich der jüngeren Blattspreiten nicht, wie ich und alle andern Beobachter bisher gesehen hatten, durch Faltung und Berührung der Blattränder blasenartig geschlossen, sondern dass in normalem Zustande die Ränder des Blattes von einander klaffen, etwa wie die Lippen eines geöffneten Mundes, oder die Schalen einer lebendigen Flussmuschel; ein völliges Ausbreiten der Blattspreite in eine Ebene habe ich jedoch nicht wahrgenommen (Fig. 1. Tab. I.). Bei der Berührung der Innenfläche mit einer Nadel schloss sich das Blatt, jedoch nicht plötzlich, etwa wie ein halbgeöffnetes Buch beim schnellen Zusammenklappen der Deckel sich schliesst, sondern langsam und ruckweise; möglich dass die äusseren Umstände bei mir nicht so günstig waren, wie sie Stein gefunden hatte.

Die älteren Blätter der *Aldrovanda* zeigen eine dunkelbraune Farbe, die von dem lichten Grün der jungen Blattquirle gegen die Endknospe hin absticht; sie waren grösstentheils festgeschlossen, und nur mit grosser Mühe liessen sich die auf einander gelegten Blattränder von einander trennen. Schon mit der Lupe erkannte man, dass fast alle diese braunen Blätter, aber auch eine nicht geringe Zahl der jüngeren grünen, dunkle Körper einschlossen, und als ich bei dergleichen Blättern die aufeinander gelegten Ränder getrennt und dieselben auf einer Glasplatte flach ausgebreitet hatte, zeigte sich, dass diese fremden Einschlüsse ausnahmslos von todten Wasserthierchen herrühren. Grösstentheils sind es kleine *Crustaceen* aus der Abtheilung der *Ostracoden*, *Cladoceren* und *Entomostraca*, Species von *Daphnia*, *Cypris* und *Cyclops* so wie die Larven der letzteren, aber auch Larven von *Dipteren* und *Neuropteren* fehlen nicht. Die inneren Gewebe (Muskeln, Verdauungsapparat, Geschlechtsorgane) dieser Thierchen waren in der Regel vollständig aufgezehrt, und nur ihre so charakteristischen, durchsichtigen Hautskelette sammt den Beinen, Klauen, Borsten, Kiemen u. s. w. übrig geblieben; doch waren die

Ringe der gegliederten Körper meist auseinander gewichen, die Gliedmassen verrenkt, wie auseinandergequetscht; wegen ihrer Durchsichtigkeit können die kleineren Chitin-Panzer bei oberflächlicher Untersuchung leicht übersehen werden. Mitunter füllt ein grosser Cyclops die Höhlung eines ganzen Blattes allein aus, in der Regel schliesst ein Blatt mehrere kleine Crustaceen oder Larven ein. Ausser diesen grösseren Wassercrustaceen, von denen blos die Skelette erhalten waren, fand ich in den grünen Blättern in der Regel noch kleinere lebende Thierchen eingeschlossen: Räderthierchen aus verschiedenen Gattungen (*Lepadella, Notommata*), *Ichthydien, Chaetonoten, Nematoden (Anguillula), Naiden, Planarien, Protozoen* und besonders zahlreiche *Rhizopoden*. Jedes Blatt enthält im Innern der Höhlung ganze Schaaren von *Arcella vulgaris* mit ihren braunen linsenförmigen Schalen, sowie verschiedene Arten von *Difflugien* mit Kieselgehäusen. Auch lebende Algen, und zwar verschiedener Gruppen, *Closterien, Diatomeen, Conferven* und *Nostoceen* finden sich als Einschlüsse innerhalb der Blätter.

Von all diesen verschiedenen Gästen der *Aldrovanda* sind es ohne Zweifel die grösseren *Crustaceen,* welche in den Blättern nicht blos ihr Gefängniss, sondern auch ihren Tod gefunden haben, während bei den kleineren Thierchen und den Algen es zweifelhaft sein mag, ob dieselben nicht freiwillig oder durch Zufall eine Herberge aufgesucht, ob sie nicht sogar sich ungeladen zur Theilung der grösseren Beute eingefunden haben. Wer aber die starke Muskelkraft der Kiefern und Beine jener Süsswassercrustaceen, oder das Gebiss der Insecten-Larven beobachtet hat, kann nicht daran zweifeln, dass nur *force majeure* so mächtig ausgerüstete Thierchen in lebenslänglicher Gefangenschaft festhalten und jeden Befreiungsversuch bis zum Tode unmöglich zu machen im Stande ist.

Ich hatte die Rybniker *Aldrovanda* zuerst in ein grosses Glasgefäss eingesetzt, das mit filtrirtem Oderwasser gefüllt, natürlich auch wenig oder gar keine grösseren Thierchen enthielt; ich konnte daher auch das Verhalten der Blätter zu den Insecten anfänglich nicht unmittelbar beobachten, da die in der Cultur sich entfaltenden jüngeren Blätter eben keine lebendigen Einschlüsse bergen konnten.

Am 5. August brachte ich eine Anzahl *Aldrovanda*-Pflanzen in ein Glasbassin, in welchem seit längerer Zeit *Vallisneria* cultivirt war, und wo sich im Wasser kleine Crustaceen, namentlich Arten von *Cypris,* so massenhaft vermehrt hatten, dass die *Vallisneria*blätter zeitweise von ihnen ganz und gar abgefressen wurden. Als ich am folgenden Tage die *Aldrovanda* untersuchte, hatten fast alle jene

Blätter, die ich Tags vorher noch leer und mit klaffenden Rändern gefunden, sich geschlossen, und in ihrer Höhlung 1, 2 oder mehr *Cypris* gefangen. (Tab. I. Fig. 2.)

Und zwar kriechen diese kleinen Krebse, deren mit 4 Abdomenfüssen versehener Körper bekanntlich von einer zweiklappigen durchsichtigen Schale, ähnlich einer Muschel eingeschlossen ist, in das Innere der klaffenden *Aldrovanda*blätter hinein. Diese bestehen bekanntlich aus einem linear keilförmigen Blattstiel, der am Scheitel eine fast kreisförmige Spreite und an deren Grunde beiderseits eine Anzahl Borsten (zusammen 4—6) trägt (Fig. 2). Die Spreite selbst ist durch den, in ein terminales kleines Spitzchen ausgehenden, von einem Bündel einfacher Leitzellen durchzogenen Mittelnerv in zwei gleiche Hälften getheilt, welche in Folge von Reizen sich derart zusammenfalten, dass die Ränder ihrer Oberseiten sich aufeinander legend, die Innenfläche einer blasenförmigen Höhlung begrenzen, während die Unterseiten die Aussenwand der Höhlung bilden. Jede Blatthälfte wiederum besteht aus einem kreissegmentförmigen Mittelstück, welches mit seiner Sehne der Länge nach an den Mittelnerv angeheftet ist, während an den Bogen ein breiter sichelförmiger Saum sich ansetzt (Fig. 3). Die segmentförmigen Mittelstücke bestehen aus einem einschichtigen grosszelligen Parenchym, das beiderseits von der Epidermis überzogen ist, und zwar zeigt die Oberhaut der äusseren (unteren) Blattfläche schmale, parallel geordnete, gradwandige Zellen, deren Längsachse senkrecht auf den Mittelnerv gerichtet ist; daher lässt die Oberfläche der Blätter schon mit der Lupe eine feine Zeichnung von parallelen Querlinien erkennen. Die innere (obere) Epidermis trägt zahlreich jene zierlichen, linsenförmigen, kurzgestielten Drüsen, deren Zellen in drei concentrische Reihen derart geordnet sind, dass die innerste tiefere Reihe von 2, die mittlere von 4, die äusserste von 8 Zellen gebildet ist. Diese Drüsen sind denen ähnlich, welche sich auf der entsprechenden Blattfläche von *Dionaea* finden, doch einfacher und nicht roth, sondern farblos. Ausserdem trägt die Innenfläche lange farblose, aus doppelten oder vierfachen Zellreihen gebildete gegliederte Haare, bei denen längere Internodialzellen mit kurzen Knotenzellen abwechseln; auf der Ober- (Innen-) seite des Mittelnervs bilden diese eigenthümlichen Trichome einen dichten Bart (Fig. 4).

Die breiten sichelförmigen Säume des *Aldrovanda*blattes dagegen werden allein von einer Doppellage wunderlich in einander gefügter, wellig buchtiger, chlorophyllreicher Oberhautzellen gebildet; der Aussenrand geht in einzellige Kegelhaare aus; die Innenfläche dieses Theils trägt keine Drüsen, sondern die früher nur bei *Utricu-*

laria bekannten vierarmigen Haargebilde. Die ganze Aussenfläche der *Aldrovanda*blätter, ebenso wie die Borsten und Blattstiele, bringt nur zweiarmige, nach Art einer Magnetnadel quer auf der Tragzelle liegende Trichome hervor.

Nach der Analogie von *Dionaea* ist zu vermuthen, dass jene mehrzelligen gegliederten Haare, welche spärlich auf der Innenfläche, in dichtem Bart aber über dem Mittelnerv der Blattspreite sich erheben, durch die Berührung der Wasserthierchen einen Reiz auslösen, und zunächst auf die Blattfläche überleiten. Da diese aller Gefässbündel entbehrt, so giebt uns *Aldrovanda* ein evidentes Beispiel, dass die Irritabilitäts- und Contractilitätserscheinungen von Blättern ihren Sitz im Parenchym und nicht in den Fibrovasalsträngen haben.

Das gereizte Blatt von *Aldrovanda* klappt nun zusammen, gleich einer berührten Auster, jedoch so langsam, dass kleinere Krebse wieder entweichen können, und selbst grössere Thierchen sich mitunter zwischen den genäherten Rändern gewaltsam hindurchzwängen, wobei sie in der Regel den Inhalt ihres Darmkanals entleeren, der als eine braune wurstartige Masse in der Blatthöhlung zurückbleibt, und die meist noch lebendigen Reste der letzten Mahlzeit, insbesondere *Diatomeen* und *Desmidieen* erkennen lässt. Solche wurstartige Excremente findet man daher in den meisten *Aldrovanda*blättern, auch wenn dieselben im Uebrigen keine lebenden Einschlüsse weiter enthalten; sie können von Demjenigen, welcher diese copropoetischen Producte der kleinen Süsswassercrustaceen häufig im Schlamm der Gewässer untersucht hat, ihrem Ursprunge nach nicht verkannt werden.

Gelingt jedoch dem Gefangenen nicht rechtzeitig die Flucht, so erliegt er dem Schicksal jener bedauernswerthen Opfer der Inquisition, welche von dem sich langsam herabsenkenden Dach des Kerkers erdrückt wurden. Zunächst sind es die sichelförmigen Säume des Blattes die sich allmählich so fest an einander pressen, wie die Lippen des geschlossenen Mundes; der festeste Verschluss findet sich an der innern Gränze der Säume, während die äusseren Ränder, meist nach innen eingebogen sind mit kreuzweiser Verschränkung der Randzähne (Fig. 3), was Caspary, wie mehre andre meiner Beobachtungen, mit Unrecht bezweifelt. Die halbkreisförmigen Mittelstücke dagegen krümmen sich convex nach aussen und begrenzen einen Hohlraum, in welchem das gefangene Opfer noch lange Zeit umherschwimmt, ohne den Ausgang finden zu können. Es gewährt einen wunderlichen Anblick, wenn man einen Blattquirl von *Aldrovanda* auf einem Objectglas ausgebreitet

mit einer schwachen Vergrösserung überblickt, und nun innerhalb jeder der geschlossenen Blattspreiten einen oder mehrere der kleinen Krebse rastlos im Kreise herumirren sieht, gleich den im engen Käfig gefangen gehaltenen Thieren einer Menagerie (Fig. 5).

Das geschlossene *Aldrovanda*blatt gleicht nunmehr etwa einem Paar mit den Rändern auf einander gelegter Barbierbecken; die Mittelstücke bilden gewissermassen eine linsenförmige Kapsel die von breitem Doppelsaum geflügelt ist; der innere Hohlraum ist von Flüssigkeit erfüllt. Offenbar ist diese Flüssigkeit ursprünglich nichts weiter, als das zwischen den Blattflächen eingeschlossene Wasser; möglicherweise könnte dessen Menge sich durch Ausschwitzen aus der Innenfläche des Hohlraums vermehren; wenigstens könnte man dies aus der starken Spannung der nach aussen gewölbten Blattflächen vermuthen. Zweifellos findet ein solches Ausscheiden bei den Luftbläschen statt, von denen je eines, bald grösser, bald kleiner, sich in der Regel in Mitte der eingeschlossenen Flüssigkeit vorfindet; vielleicht sind dieselben nichts weiter als die gewöhnlichen Sauerstoffbläschen, welche im Sonnenschein von dem grünen Blattgewebe im Innern der Blatthöhlung entbunden werden.

Ob von den linsenförmigen Drüsen auf der Innenseite der Blätter besondere Secrete ausgeschieden werden, wie dies wegen der Analogie von *Dionaea* nach den Mittheilungen von Sanderson zu vermuthen war, habe ich nicht ausmitteln können. Indem ich eine zugeschmolzene Glascapillare in den innern Hohlraum eines *Aldrovanda*blattes einführte, und hier die Spitze abbrach, konnte ich dieselbe zwar mit der eingeschlossenen Flüssigkeit füllen; diese zeigte jedoch nur undeutliche Reaction, wie dies bei der starken Verdünnung durch das Wasser nicht anders möglich ist, und wenn beim Verdunsten des Wassers auch eine sehr schwach rothe Färbung durch Lacmus sich zeigte, so ist schwer zu ermitteln, wieviel davon auf den Gehalt des Wassers an Kohlensäure, und auf die aus der Zersetzung der eingeschlossenen Thiere sich bildenden Produkte, wie viel auf etwaige Secrete der Blattdrüsen zuzurechnen sei, welche in älteren Blättern durch braune Farbe auffallen.

Auch das habe ich noch nicht ermitteln können, was denn eigentlich die gefangenen Crustaceen abhält, sich aus ihrem Gefängniss herauszufressen, da doch im Uebrigen die *Cypriden* kräftige Kiefern besitzen und mit den Blättern der meisten Wasserpflanzen schnell fertig zu werden wissen. Ebenso muss ich es unentschieden lassen, wodurch schliesslich so lebenszähe und durch ihre Chitinpanzer so gut geschützte Thierchen getödtet werden, nachdem sich ihr Gefäng-

niss über ihnen geschlossen hat. Bei den grösseren Thierchen scheint ein wirkliches Zerquetschen durch die sich über ihnen allmählich zusammenziehenden Wände der Blatthöhlung mitzuwirken; wir sehen nach einiger Zeit die Crustaceen ihre Bewegung einstellen, als seien sie festgehalten, während Hinterleib und Beine noch rastlos zwischen den Klappen der Schale hin und herzucken; schliesslich stirbt das Thier und bald ist, wie schon bemerkt, von demselben nichts übrig geblieben, als das unzerstörbare Hautskelett. Die kleineren Thierchen werden offenbar nicht zerdrückt; gleichwohl finden wir auch diese nach einiger Zeit todt, und ihre Weichtheile aufgelöst, wobei allerdings jene *Rhizopoden, Infusorien, Nematoden* und *Rotiferen,* die sich in die geschlossenen Blätter, wie ich schon oben bemerkt, noch einzudrängen wissen, sich an der Arbeit der Zerstörung zu betheiligen scheinen.

Fassen wir unsere Beobachtungen zusammen, so kann mit Hinblick auf *Drosera* und *Dionaea* wohl kein Zweifel sein, dass die Blätter der *Aldrovanda* zu dem Zwecke eingerichtet sind, verschiedene kleine Wasserthierchen zu fangen und zu tödten, dass sie mit andern Worten die Function von Fallen für Gliederthiere besitzen; wir können *Drosera* und *Aldrovanda* so gut wie *Dionaea* als *„muscipulae“* bezeichnen. Es ist dabei jedoch nicht ausser Acht zu lassen, dass die Fallen bei diesen drei Gattungen aus der Familie der *Droseraceen,* obwohl alle drei gleich vollkommen für ihre Bestimmung geeignet, doch jede in anderer Art und Weise organisirt ist; die Blätter von *Drosera* wirken vermittelst reizbarer Köpfchenhaare, welche gleich den Armen einer Hydra sich über die Beute hinkrümmen, dieselbe festkleben und mit einem ausgeschiedenen sauren Safte vergiften; die langsam nachfolgende Krümmung der Blattfläche trägt nur in zweiter Reihe zum Festhalten des Opfers bei. Die Blätter der *Dionaea* halten die Beute durch momentanes Zusammenklappen und reusenartiges Verschränken der Randborsten gefangen; die von *Aldrovanda* bilden eine fest verschlossene Höhlung durch inniges Aufeinanderlegen der flügelartig vorspringenden, halbmondförmigen Ränder der Blattspreite.

Als ich mir die Frage vorlegte, ob denn es wahrscheinlich sei, dass die von den *Aldrovanda*blättern so massenhaft gefangenen Crustaceen und Insectenlarven auch wirklich zum Zweck der Ernährung dieser Pflanzen assimilirt werden können, musste vor allem eine Eigenthümlichkeit der *Aldrovanda* ins Gewicht fallen, welche diese Gattung nur mit sehr wenigen Pflanzen, sei es Phanerogamen, sei es Kryptogamen gemein hat; *Aldrovanda* ist eine völlig wur-

zellose Pflanze. Nun ist es eine Thatsache, dass die Wurzel zur normalen Ernährung der Pflanzen unentbehrlich ist, dass kein anderes Organ dieselbe ersetzen kann. Die Wurzel ist keineswegs blos das freie Ende eines Dochts, welcher in die Nährflüssigkeit eintaucht und die letztere ohne weitere Veränderung dem Stengel und den Blättern behufs weiterer Verarbeitung zuführt. Denn wenn man einen beblätterten aber wurzellosen Spross mit der Schnittfläche in Wasser eintaucht, so kann unter Umständen die Zuleitung dieser Flüssigkeit wenigstens soweit unverändert fortdauern, als es sich um den Ersatz des verdunstenden Wassers handelt; der Spross wird in Folge dessen lange Zeit straff und frisch bleiben, ohne zu welken. Aber ein weiteres Wachsthum, das auf selbstständiger Assimilation und Stoffbildung beruht, tritt unter solchen Verhältnissen an dem abgeschnittenen Sprosse erst dann ein, wenn derselbe neue Wurzeln erzeugt hat. Beim Treiben der Hyacinthen in Wassergläsern, oder bei der Cultur verschiedener Pflanzen in künstlichen Nährlösungen lässt sich sogar leicht beobachten, dass wenn die Wurzeln auch nur theilweise kranken, die Assimilationsthätigkeit der gesammten Pflanzen, und in Folge dessen das Wachsthum und die Production neuer Organe sehr wesentlich leiden, obwohl anscheinend die Leitung der Flüssigkeiten im Innern dieser Pflanzen, so weit sie an dem Turgor derselben erkennbar ist, wenig beeinträchtigt wird.

Selbst untergetauchte Wasserpflanzen vermögen durch ihre Blattflächen ihre Nährflüssigkeit nicht in der Art aufzunehmen, dass sie zum Wachsthum und zur Anlegung neuer Organe befähigt sind; so beginnen selbst die Bruchstücke von *Elodea canadensis* erst dann auszusprossen, wenn sie vermittelst neugebildeter Adventivwurzeln sich im Schlamm befestigt haben. Wir lassen es auf sich beruhen, ob die Ursache dieser Erscheinung darin liegt, dass die Blattflächen untergetauchter Wasserpflanzen die Nährlösungen überhaupt nicht, oder nicht in richtigen Verhältnissen einsaugen, oder ob das die Blätter umgebende Wasser nur eine viel zu verdünnte Lösung der Nährsalze ist, und die Pflanzen darauf angewiesen sind, vermittelst der Wurzeln aus dem Schlamm concentrirtere Lösungen sich zugänglich zu machen; letztere Vermuthung ist auf alle Fälle für schwimmende Wasserpflanzen *(Hydrocharis, Lemna, Pistia, Salvinia* u. s. w.) unstatthaft.

Um so auffallender ist es, dass die Pflanzen von *Aldrovanda* niemals eine Wurzel besitzen, dass sie gleichwohl an dem einen Ende des horizontal im Wasser schwimmenden Stengels unter dem Scheitel des schlanken Vegetationskegels continuirlich einen Blatt-

quirl nach dem andern produciren und entfalten, während am entgegengesetzten Ende der Stengel und die Blattquirle der Reihe nach absterben und durch Verwesung abgestossen werden, so dass im Herbste die gesammten Blattquirle bis auf die dicht gedrängte und allein überwinternde Endknospe zu Grunde gegangen sind. Da auf diese Weise auch die sämmtlichen Aeste, welche sich von der Hauptachse abzweigen, allmählich isolirt und zu selbstständigen Pflanzen werden, so haben wir bei *Aldrovanda* ein Beispiel, wo eine Anzahl von reichbelaubten Sprossen im Laufe eines Sommers aus einer überwinterten Knospe hervorgehen, ohne dass denselben neue Bildungsstoffe durch Vermittelung einer Wurzel zugeführt werden. Es ist nun freilich möglich, dass ausnahmsweise bei *Aldrovanda* die Nährstoffe aus dem Wasser direct durch die Blätter oder durch das offene Stengelende in genügendem Verhältnisse eingesaugt werden, während alle übrigen Wasserpflanzen hierzu der Wurzeln bedürfen; es lässt sich aber doch auch die Möglichkeit nicht von der Hand weisen, dass die so in so eigenthümlicher Weise als Insectenfallen organisirten Blätter an Stelle der mangelnden Wurzeln bei der Ernährung der Pflanze betheiligt sind.

So viel ich weiss, giebt es — *Lemna arrhiza* ausgenommen — nur noch eine phanerogame Wasserpflanze, welche mit *Aldrovanda* den absoluten Mangel der Wurzeln theilt, und gleichwohl zu unbegrenzter Anlage und Ausbildung von Laubsprossen befähigt ist; es ist dies die Gattung *Utricularia,* deren räthselhafte Blasen oder Schläuche den Blatthöhlen von *Aldrovanda* ähnlich, und doch so ganz verschieden organisirt sind. Ich wendete mich daher zu einer Untersuchung von *Utricularia* in Bezug auf ihr Verhalten zu den Wasserthierchen, wobei mich mein früherer Schüler, der Assistent am Pflanzenphysiologischen Institut in Proskau, Herr Dr. Kirchner, freundlich unterstützte.

Zunächst wurden von einem Herbariumexemplar der *Utricularia vulgaris,* welches im Juni dieses Jahres aus einer Lache bei Ransern gesammelt war, die Blasen aufgeweicht und geöffnet. Zu nicht geringer Ueberraschung stellte sich sofort heraus, dass auch die meisten Blasen von *Utricularia* zahlreiche *Crustaceen* der verschiedensten Art, namentlich grosse *Cyclopen* und *Daphnien,* so wie nicht minder Larven von Wasser-Insecten eingeschlossen hatten, von denen nur die Hautskelette, diese jedoch in unverkennbarer Vollständigkeit, sich erhalten hatten.

Von der nämlichen *Utricularia,* von der das Herbariumexemplar stammte, waren gleichzeitig einige Sprosse in das Süsswasseraqua-

rium des pflanzenphysiologischen Instituts eingesetzt worden, und hatten sich bis zum August, wenn auch mit kümmerlicherer Entwickelung der Triebe, lebend erhalten; in den Blasen derselben wurde jedoch bei flüchtiger Durchmusterung nichts Lebendes wahrgenommen. Einige dieser Sprosse wurden am Abend des 5. August in das nämliche, von *Ostracoden* (*Cypris*) reich belebte Wasser gesetzt, in welchem auch der Versuch mit *Aldrovanda* angestellt worden war.

Am folgenden Morgen zeigte sich, dass fast in sämmtlichen Blasen von *Utricularia* sich lebendige Crustaceen gefangen hatten, die in der Höhlung unruhig umherschwammen ohne ihr Gefängniss verlassen zu können. Und zwar waren es natürlich meist *Cypris*krebse, von denen ein, zwei, oder mehrere in je einer Blase eingeschlossen waren, von allen Grössen und Altersstufen; in anderen Blasen, oft gleichzeitig mit den Crustaceen bewegten sich kleinere und selbst grössere *Naiden (Nais elinguis)*, so wie die merkwürdige mit orangerothen Punkten ausgezierte *Chaetopode*, die von Eichwald zuerst unter dem Namen *Nais auriyena* beschrieben worden ist. In anderen Blasen kreisten kleine *Planarien;* in einer fand ich die leere Chitinhülle einer schwärzlichen Blattlaus, die sich in zahlloser Menge auf den Blättern eines im Aquarium kultivirten *Stratiotes*, so weit dieselben über das Wasser herausragten, eingenistet hatte. Nirgends fehlten die *Rotiferen*, die *Infusorien* und die *Rhizopoden (Arcella, Difflugia)*, die ich schon bei *Aldrovanda* erwähnt hatte; dass sich auch grüne Algen im Inneren der Blasen angesiedelt, ist begreiflich, da die auf den Schalen der gefangenen Thiere, so wie in deren überall kenntlichen Excrementen eingeführten Algenkeime sich in dem geschützten Raume der Blasen leicht vermehren konnten. Einzelne reich belebte Blasen, in denen sich mitunter bis sechs lebendige Crustaceen neben verschiedenen anderen Thierchen vorfanden, konnten gradezu als eine kleine Menagerie der im Wasser lebenden mikroskopischen Fauna gelten.

Durch diesen Versuch wurde festgestellt, dass die Blasen von *Utricularia*, deren Function bis jetzt allen Botanikern ein Räthsel geblieben ist, gleich den Blättern der *Droseraceen*, Fallen für Wasserthierchen sind. Auch hier beobachtete ich, dass die gefangenen Thierchen mehrere (bis 6) Tage unstät im Kreise umherschwammen, bis ihre Bewegungen langsamer wurden, endlich aufhörten, und die Weichtheile unter Zurücklassung der Chitinskelette aufgelöst wurden.

Ich untersuchte zunächst, in welcher Weise die Fallen von *Utricularia* eingerichtet sind; die bisherigen Untersuchungen von Meyen (Secretionsorgane p. 12), Goeppert (Botanische Zeitung 1847 No. 41)

Benjamin (Botanische Zeitung 1848 No. 1—5), Pringsheim (Monatshefte der Berliner Akademie 1869 p. 92) u. A. über diese Gebilde, welche das Verhältniss zu den Wasserthierchen nicht berücksichtigten, haben natürlich auch nicht vom richtigen Gesichtspunkte die Organisationsverhältnisse aufgefasst, welche in wunderbar zweckmässiger Weise ihrer Bestimmung als Fallen angepasst sind. Ich halte es bei der nachfolgenden Beschreibung nicht für nöthig, auf die morphologischen und entwicklungsgeschichtlichen Fragen über die Natur der Blasen von *Utricularia,* und insbesondere darüber mich auszulassen, ob dieselben als metamorphosirte Phyllome, oder als modificirte Sprosse oder Sprosssysteme (Ranken) anzusehen sind. Auch in Bezug auf die anatomischen Einzelheiten beschränke ich mich auf das Allerwesentlichste, und verweise in Bezug auf das Uebrige auf die oben citirten Autoren.

Die Blasen von *Utricularia vulgaris* (Fig. 6) haben eine seitlich stark zusammengedrückte, nahezu linsenförmige Gestalt; doch entspricht ihr breitester Durchschnitt genauer einem Kreis, von dem durch eine Sehne ein kleines Segment abgeschnitten ist; an dieser nahezu ebenen Segmentfläche, welche dem Mutterblatt zugekehrt ist, befindet sich am unteren Ende der dünne Stiel, vermittelst dessen der Schlauch in bekannter Weise vom Mutterblatt sich abzweigt; nahe dem obern Ende befindet sich auf dieser Fläche der Eingang in die Central-Höhle der Blase, den ich als *Peristom* bezeichnen will. (Fig. 6 b.) Die Blase besitzt daher eine convexe Rückenkante und eine ebene Bauchfläche, beide von einem Bündel einfacher Leitzellen durchzogen. Gegen das *Peristom* ist der Querdurchmesser der Blase erheblich verbreitert, so dass dieselbe Aehnlichkeit mit dem Gehäuse gewisser *Planorbis*arten hat; die ebene Bauchfläche hat demzufolge die Form eines Dreiecks, dessen Scheitel am Stiel, dessen Basis am *Peristom* sich befindet (Fig. 7 c d e).

Das *Peristom* selbst hat einen nahezu viereckigen Umriss, und gleicht einem weit aufgesperrten Munde; wir unterscheiden (Fig. 7) den obern (a b) und untern (c d) Rand (Ober- und Unterlippe), so wie zur rechten und linken die Ränder der Backen (a c, b d). Das *Peristom* führt nicht direct in's Innere der Blase, sondern in eine Mundhöhle (Fig. 9 a b d), welche gegen die Centralhöhle nach oben durch den Gaumen (a d c), nach unten durch die Kinnlade (b d c c), zur Seite durch die Backen (a b d) abgeschlossen ist.

Die Kinnlade ist ein hufeisenförmiger dicker Wulst, dessen Centraltheil, der Körper (Fig. 9 c b) unmittelbar auf dem untern *Peristom*rand aufsitzt und fast im rechten Winkel gegen die Blasen-

wand nach innen vorspringt, so dass sein freier Rand (cd) schief abgestutzt in die Mundhöhle hineinragt. Der Körper der Kinnlade verlängert sich zu beiden Seiten in die beiden aufsteigenden Aeste, welche jedoch nicht die Seitenränder des *Peristoms* begleiten, sondern wulstartig auf der Innenseite der Backen schief nach oben und hinten verlaufen (Fig. 9cde).

Der Gaumen (ade) ist eine dünne Membran, welche vom obern Rande des *Peristoms* als unmittelbare Fortsetzung der Blasenwand sich in die Mundhöhle hineinschlägt, und zu beiden Seiten auf der Innenseite der Backen vermittelst zweier, schief von den obern Mundwinkeln nach den Spitzen der Kinnladenäste abwärts gerichteten, mit diesen beinahe einen rechten Winkel bildenden Anwachsstreifen (ae) angeheftet ist. Durch diese Befestigung ist der Gaumen wie ein Vorhang quer durch die Mundhöhle lose ausgespannt, und bildet das obere, resp. vordere Dach desselben, während der untere freie bogige Rand des Gaumens (fde) unmittelbar auf der Kinnlade aufliegt. Blickt man demnach von vorn in das *Peristom,* so erscheint dasselbe durch den halbkreisförmigen, nach aussen gewölbten Gaumen (ad) verschlossen. Zwischen dem Gaumen und der oberen Wand der Blase befindet sich eine Tasche, die Stirnhöhle (eag).

Höchst merkwürdig ist die Anatomie dieser Organe. Die Blasenwand besteht im Allgemeinen aus zwei Schichten von Parenchymzellen, von denen die äussere Schicht reichliche Chlorophyllkörnchen, die innere ausserdem in älteren Zuständen *Anthocyan* enthält. Mit den grösseren rundlichen Zellen wechseln schmale cylindrische, welche auf der Aussenschicht ähnlich wie *Aldrovanda,* zweiarmige (Fig. 9g), auf der Innenschicht dagegen vierarmige Haare tragen; die letzteren in Form eines Andreaskreuzes, sind didynamisch; die längeren Arme nach dem Stiel gerichtet.

Der dicke Körper der Kinnlade besteht aus einer grösseren Zahl Zellschichten, welche ausser Chlorophyll oft blauen Farbstoff enthalten. Die Innenseite der Kinnlade, die der Centralhöhle zugewendet ist, trägt einen dichten Flaum cylindrischer langer Haare, welche paarweise auf je einer Tragzelle entspringen; offenbar eine Modification der gewöhnlichen zweiarmigen Trichome. Die aufsteigenden Aeste der Kinnlade sind mit einer Hautschicht von schmalen länglichen Zellen bekleidet.

Der Gaumen besteht aus einer doppelten Zellschicht, häufig mit schön blauem Zellinhalt, die äussere Lage ist von kleineren welligen Zellen gebildet, welche in den einspringenden Winkeln leistenartige Falten besitzen; diese Zellen werden gegen den untern freien Rand

des Gaumens schmäler und kürzer, und zeigen hier Ringfasern. Die innere Zellschicht des Gaumens ist aus grösseren rundlichen Zellen zusammengesetzt, welche in auffallender schon von Meyen hervorgehobener Weise um ein in der Mitte des freien Gaumenrandes gelegenes Centrum concentrisch strahlig angeordnet sind, etwa wie die Zellen von *Phyllactidium pulchellum*.

Die ganze innere Mundhöhle, und zwar ebenso die Innenfläche der Backen, als die Aussenfläche der Kinnlade und des Gaumens, entwickelt sehr zahlreiche dreizellige Trichome (Fig. 9 a b); jedes aus einer Stiel-, Mittel- und Kolbenzelle bestehend. Die Stielzelle ist cylindrisch, bald sehr lang, bald kürzer, die Mittelzelle dem Stiel isodiametrisch, gedrungen, scheinbar quadratisch; die scheitelständigen Kolbenzellen haben stets grösseren Durchmesser, und bilden bald schmäler, ein verlängertes keulenförmiges, bald ein sehr dickes kugliges Köpfchen; die Membran dieser Köpfchen scheint in Schleim aufzuquellen und erinnert im optischen Verhalten etwa an gewisse Narbenpapillen.

Die längsten dieser eigenthümlichen Trichome befinden sich gegen den oberen *Peristom*rand; die grössten Kugelköpfchen auf kürzesten Stielen stehen in einem Bogen nahe dem untern Rand der äusseren Gaumenfläche. Die letztere trägt ausserdem um die Mitte der concentrischen Zellordnung beiderseits je zwei sehr lange, aus einfachen Zellreihen gebildete Kegelborsten (Fig. 9 h), welche aus der Mundöffnung herausragen. Je zwei ähnliche, noch stärkere Kegelborsten finden sich am unteren *Peristom*rand zu beiden Seiten des Kinnladenkörpers (Fig. 9 i, Fig. 8 c, d); endlich erheben sich zu beiden Seiten des obern *Peristom*randes je eine sehr grosse, bogig nach vorn und oben aufsteigende, unten mehrreihige, oben einreihige Borste, welche unter der Mitte 1—2 Gabeläste ausschickt, so dass die Mundwinkel in der Verlängerung der Stirn von zwei Schnurrbartborsten, oder Fühlfäden begleitet erscheinen (Fig. 9 a, Fig. 8 a b).

Wie schon bemerkt, ist in jüngeren lebenskräftigen Blasen die Mundhöhle gegen die Centralhöhle dadurch verschlossen, dass der freie bogenförmige Rand des Gaumens an die hintere Fläche der Kinnlade angedrückt ist; schon Treviranus fand, dass sich Luftblasen nicht aus unverletzten Blasen herausdrücken lassen.

Hierbei wirkt eine in dem Gewebe der Blasenwandung vorhandene Spannung mit; denn wenn man durch einen Querschnitt das ganze *Peristom* bis zur Kinnlade entfernt, so ändert sich augenblicklich die Form der Blase, indem die durch den Schnitt blosgelegte Oeffnung sich in die Quere breit zieht (Fig. 8). Offenbar leistet in der unverletzten Blase die dicke Wulst der Kinnlade dieser Gewebs-

spannung Widerstand; doch befindet sich das in der Blase eingeschlossene Wasser unter einem Druck, welcher als *vis a tergo* den freien Gaumenrand gleich einem Klappenventil an die Kinnlade fest anpressen muss.

Dagegen ist es leicht, das Ventil in der Richtung von vorn nach hinten zu öffnen; man kann mit einer Borste von aussen her leicht den Gaumen zurückdrücken, und diese ohne Verletzung in die Centralhöhle einführen; zieht man die Borste zurück, so verschliesst der Gaumen wieder die Mundhöhle. Diese Einrichtung macht es begreiflich, dass lebende Wasserthiere, welche durch das *Peristom* in die Mundhöhle eingedrungen, das Gaumenventil heben und ohne Schwierigkeit in die Centralhöhle der Blase gelangen; von hier können sie jedoch nicht wieder heraus, da der Gaumen sich nach innen, aber nicht nach aussen öffnet, und obwohl man die gefangenen Thierchen in der zwischen äusserer Blasenwand und Gaumen befindlichen Tasche, der Stirnhöhle, oft gegen den Gaumen sich anstemmen sieht, vermögen sie sich doch nicht zu befreien, wohl aber können neue Opfer in beliebiger Zahl sich in die Gefangenschaft begeben.

So stellt die Blase von *Utricularia* eine eben so einfach, als zweckmässig gebaute Falle dar, aus welcher die kräftigsten Wasserkrebse sich nicht zu befreien vermögen. Vermuthlich bilden die kugel- oder keulenförmigen Köpfchen der dreizelligen Trichome, welche die innere Mundhöhle auskleiden, und anscheinend verschleimen, den Köder, welcher die Wasserthiere verlockt, sich in die Fallen zu begeben.

Ob dagegen von den übrigen Haaren Secrete ausgeschieden werden, und ob namentlich die Centralhöhle Stoffe enthält, welche von dem umgebenden Wasser verschieden sind, habe ich nicht ermitteln können. Bekanntlich nehmen die Blasen in späterem Alter eine blaue Färbung an, was beweist, dass der Saft ihrer Zellen alsdann neutral oder alkalisch reagirt, da der blaue Farbstoff *(Anthocyan)* durch Säuren geröthet wird; die jüngeren kräftigeren Blasen enthalten nur Chlorophyll; in den alten blauen Blasen, welche leicht von den Stielen abfallen, ist übrigens die Mundhöhle nicht fest verschlossen. Auch kann ich nicht angeben, was die kleinen Gefangenen eigentlich daran hindert, durch die Wände ihres Kerkers durchzubrechen, und welche Ursachen schliesslich ihren Tod veranlassen. Möglich, dass bei *Utricularia* wie bei *Aldrovanda* die Opfer einfach durch Verhungern zu Grunde gehen. In *Aldrovanda*blättern eingeschlossene Cypriskrebse bewegten sich 6 Tage in ihrem Gefängniss, bevor sie abstarben, während nach den Beobachtungen Steins die am

kräftigsten vegetirenden Pflanzen, welche ihre Blätter flach ausgebreitet hatten und gereizt sich augenblicklich zusammenfalteten, leblose Einschlüsse nicht über 18 — 36 Stunden festhielten, und sich dann wieder öffneten. Eine in einer *Utricularia*blase gefangene Mückenlarve befreite sich nach drei Tagen, indem sie ein Loch durch die Blasenwand biss; am vierten Tage hatte sie sich freiwillig wieder in den Kerker zurückbegeben, in dem sie Tags darauf todt gefunden wurde.

Nachdem sich übrigens herausgestellt hat, dass die Blasen von *Utricularia* als Thierfallen *(muscipulae)* eingerichtet sind, liegt der Gedanke nahe, ob nicht auch andere blasen- und schlauchartige Organe eine ähnliche Bestimmung haben. Es wären zunächst *Nepenthes, Sarracenia, Dischidia, Cephalotus,* vielleicht auch *Azolla* und *Lathraea*, mit ihren merkwürdigen Blatthöhlen ins Auge zu fassen. Die Schläuche von *Cephalotus* fand Rob. Brown gewöhnlich zur Hälfte mit einer wässrigen, schwach süsslichen Flüssigkeit erfüllt, worin man oft eine grosse Menge kleiner ertrunkener Ameisen antraf *(great numbers of a small species of Ant) General Remarks on the Botany of terra Australis in Miscellaneous botanical works vol. I. p. 77. 1866.* Von *Nepenthes destillatoria* berichtet Meyen (Phys. I. p. 513), dass die süssliche, nach Loddiges säuerliche Flüssigkeit im Innern der Schläuche eine grosse Menge Insecten herbeilocke, welche darin ihren Tod finden.

Ob die in den Fallen von *Utricularia,* wie in denen von *Aldrovanda* gefangenen Thiere wirklich zur Ernährung dieser Pflanzen dienen, dafür vermag ich allerdings für jetzt weder im positiven noch im negativen Sinne etwas Entscheidendes aufzuführen. Für die letztere Ansicht könnte der Beweis nur durch das schwer in der Praxis durchzuführende Experiment gegeben werden, wenn nämlich *Utricularia* oder *Aldrovanda,* in einem von Gliederthieren und Würmern völlig freien Wasser längere Zeit cultivirt, sich eben so kräftig entwickeln sollten, wie in dem von solchen Thieren reich belebten Wasser. Die bisherigen Erfahrungen scheinen in sofern dagegen zu sprechen, als in der Cultur *Aldrovanda* und *Utricularia* überhaupt nicht besonders gut gedeihen, und mit der Zeit immer kleinere Blätter mit mehr oder minder verkümmerten Blasen hervorbringen, was auf eine ungenügende Ernährung hinweist. Doch zeigt sich allerdings dieses Verkümmern auch bei solchen Wasserpflanzen, bei denen an eine Beziehung zu Insecten nicht gedacht werden kann; die im Aquarium durch längere Zeit erzogenen Individuen von *Stratiotes, Hydrocharis, Salvinia* u. s. w. werden so zwerghaft, dass

man sie kaum für die nämliche Species mit den im Freien wachsenden Pflanzen halten möchte; selbst die unverwüstliche *Elodea* gedeiht im Aquarium nur kümmerlich. Ich kann hierfür keinen anderen Grund finden, als dass die Menge der im Wasser gelösten Salze im geschlossenen Raume des Aquariums für eine kräftige Ernährung der Pflanzen nicht ausreicht; und vermuthlich würde die periodische Zufuhr von Nährlösungen dem Verkümmern der höheren Wasserpflanzen in ähnlicher Weise entgegenwirken, wie dies Famintzin bei der Cultur von Algen gelungen ist. Wenn die riesigen Tange der Nordsee in der Ostsee zwerghaft werden, so kann die Ursache füglich auch nur in der verdünnteren Salzlösung des Binnenmeers vermuthet werden.

Für die Annahme dagegen, dass die in den Blattfallen gefangenen und absterbenden Thierchen auch wirklich verdaut, dass gewisse, aus deren Zersetzung hervorgehende flüssige organische Verbindungen, oder vielleicht auch nur ihre anorganischen Bestandtheile von den Blättern aufgesaugt, und in den grünen Geweben assimilirt werden, sprechen auf der anderen Seite offenbar folgende Erwägungen:

1) dass der Mangel einer Wurzel bei *Aldrovanda* und *Utricularia* eine normale Ernährung, wie bei den übrigen Pflanzen, unmöglich, und eine Vertretung der Wurzelfunction durch andere Organe nicht unwahrscheinlich macht;

2) dass die Blasen von *Utricularia* und *Aldrovanda* ganz offenbar für das Fangen und Tödten von Wasserthieren eingerichtet sind, dass eine solche Einrichtung aber zwecklos wäre, wenn die gefangenen Insecten nicht für die Pflanzen selbst einen Nutzen hätten. Ein anderweitiger Zweck der betreffenden Organe hat sich jedenfalls bis jetzt nicht ausmitteln lassen; dass sie nicht als Schwimmblasen dienen, ist leicht zu erkennen, da die Pflanzen ohne die Blasen ebenso gut schwimmen als mit denselben. Anzunehmen dass an einem Organismus eine Einrichtung bestehen und sich ohne Verkümmerung durch die Reihe der Generationen forterben kann, die für denselben zweck- und nutzlos ist, d. h. die demselben nicht im Kampfe um das Dasein einen Vortheil gewährt, verbietet uns die moderne, auf Darwin'sche Ideen gebaute Naturanschauung. Neuere Beobachtungen haben uns ausserdem gelehrt, dass die Ernährung der Pflanzen nicht überall jenen einfachen und gleichförmigen Gesetzen folgt, welche man durch Verallgemeinerung einer Reihe von Beobachtungen insbesondere an Culturpflanzen deducirt hatte; die Erscheinungen an den phanerogamischen und kryptogamischen Parasiten und Saprophyten, das Vorkommen von Algen in den Hyphengeflech-

ten der Lichenen, wie in den Geweben der Phanerogamen beweisen, dass auch in Bezug auf die Ernährung verschiedene Pflanzenarten sehr verschiedenartigen Lebensbedingungen angepasst sind; sie lassen die Möglichkeit, dass auch Thiere zur Ernährung nicht blos der entozoischen Pilze sondern auch höherer Pflanzen verwendet werden können, nicht als so fern liegend erscheinen, wie dies wohl auf den ersten Blick scheinen mag. Mit Spannung sehen wir daher den ausführlichen Untersuchungen über die Droseraceen von Darwin entgegen, dem genialen Forscher, welcher zuerst den Muth gehabt hat, eine Reihe theilweise schon früher bekannter, aber nie näher untersuchter Erscheinungen unter einem neuen überraschenden Gesichtspunkt zusammenzufassen, und der auch für die hier mitgetheilten Beobachtungen die leitende Anregung gegeben hat.

Johnsdorf bei Liegnitz, den 11. August 1874.

Figuren-Erklärung.

Tafel I.

Fig. 1—5. Aldrovanda vesiculosa Monti.

Fig. 1. Ein halbgeöffnetes Blatt von *Aldrovanda*, mit 6 borstenartigen Zipfeln zu beiden Seiten der Blattspreite. Vergr. 3.

Fig. 2. Die Blattspreite zusammen gefaltet, so dass die kreissegmentförmigen Mittelstücke (a) eine Höhlung begrenzen, in welcher eine gefangene Daphnia umherschwimmt, während die sichelförmigen Säume (b) auf einander gelegt, und die nach innen eingeschlagenen mit einzelligen Zähnen bewimperten Ränder (c) sich dicht berühren. Vergr. 9.

Fig. 3. Die Blattspreite völlig ausgebreitet, von Oben gesehen; a. kreissegmentförmiges Mittelstück mit zahlreichen linsenförmigen Drüsen und einzelnen Borsten besetzt; letztere bilden einen Bart über dem Mittelnerv; b. sichelförmiger Saum ohne Drüsen und Borsten, der Rand c. nach innen eingeschlagen und mit einzelligen Kegelhaaren besetzt. Vergr. 9.

Fig. 4. Querschnitt eines geschlossenen Blattes; die sichelförmigen Säume (b) sind so aufeinander gelegt, dass der eine Saum concav, der andere convex; die Kegelhaare der Ränder c. greifen in einander; in der durch die Mittelstücke der Blätter (a) gebildeten Höhle, in der die Drüsen und Borsten angedeutet sind, befindet sich eine gefangene Cypris. Vergr. 9.

Fig. 5. Ein Quirl von Blättern, von denen einzelne geöffnet, andere geschlossen, gefangene Crustaceen einschliessen. N. Gr.

Fig. 6—9. Utricularia vulgaris L.

Fig. 6. Eine Blase von *Utricularia* von der Seite gesehen; b. Peristom. Vergr. 4.

Fig. 7. Dieselbe von der Bauchfläche gesehen, c. Stiel; abcd. Peristom; ab. Oberlippe mit den beiden seitlichen Schnurrbartborsten oder Fühlfäden; ac, bd. die Ränder der Backen; cd. Unterlippe mit je 2 Borsten; im Innern des Peristoms ist der verschliessende Gaumen mit 4 Borsten sichtbar. Vergr. 4.

Fig. 8. Dieselbe Blase nach Abtragung des Peristoms von der Bauchfläche gesehen; durch Gewebsspannung in ihrer Form verändert, vom Rücken zusammengedrückt. Vergr. 4.

Fig. 9. Medianer Längsschnitt durch eine Blase, durch Rücken und Bauchfläche gelegt, so dass die Blase halbirt, und man in den Grund derselben hineinsehen kann; ab. Peristom; aedb. Mundhöhle; bei a. eine Schnurrbartborste, bei i. 2 Borsten der Unterlippe; bc. Körper der Kinnlade durch den Schnitt halbirt; cde. der eine der aufsteigenden Aeste der Kinnlade an die Innenwand der Mundhöhle angewachsen; aedf. Gaumen, bei ae. an die Innenwand der Mundhöhle angeheftet; der freie Rand edf. an den oberen Rand der Kinnlade angedrückt, und die Mundhöhle verschliessend; der Schnitt hat vom Gaumen mehr als die Hälfte frei gelegt, daher das vordere Stück ade. gleich einem Vorhang zurückgeschlagen erscheint; auf der Vorderfläche des Gaumens sitzen 4 Borsten h.; g. Stirnhöhle; k. Stiel von einem Leitbündel durchzogen, das sich in Rücken- und Bauchfläche verzweigt; in der Centralhöhle bemerkt man einen lebenden Cyclops und eine Arcella. Vergr. 25.

Fig. 10. Dreizellige Trichome mit terminalen, keglichen oder kolbenförmigen Köpfchen, welche die Innenseite der Mundhöhle und die Aussenseite des Gaumens bekleiden und vermuthlich als Köder zur Anlockung von Wasserinsecten dienen.

Die

Entwickelungsgeschichte der Gattung Volvox.

Von

Prof. Dr. Ferdinand Cohn[1]).

Mit Tafel II.

Volvox unterscheidet sich von allen Gattungen, die zur nämlichen Familie der Volvocineen gestellt werden *(Gonium, Stephanophaera, Pandorina, Eudorina)* dadurch, dass nicht sämmtliche, zu einem kugelförmigen Coenobium verbundene Zellen in Bezug auf die Fortpflanzung sich gleich verhalten, sondern dass die bei weitem grösste Zahl der Zellen steril, d. h. in ausgewachsenem Zustande zur Fortpflanzung unfähig sind, und dass nur eine kleine Zahl, welche an bestimmten Stellen des Coenobium sich entwickeln, allein die Fortpflanzung vermitteln. Hierdurch tritt bei *Volvox* ein Unterschied zwischen sterilen oder vegetativen Zellen, und reproductiven oder Fortpflanzungs-Zellen hervor, der uns in den Coenobien einzelliger Algen nicht wieder begegnet, sondern gewöhnlich als ein Charakter vollkommener differenzirter Organismen angesehen wird. Die Fortpflanzungszellen selbst aber sind von dreierlei Art, geschlechtslose, männliche und weibliche; dieselben finden sich niemals gleichzeitig in der nämlichen Familie zusammen, sondern entweder in drei getrennten Coenobien, oder männliche und weibliche vereinigt, aber von den geschlechtslosen getrennt.

Die Organisation der sterilen oder vegetativen Zellen ist einfach, dem Bau der Schwärmzellen von *Chamydococcus, Gloeocystis,*

---

[1]) Obiger Aufsatz ist ein mit einigen Abänderungen versehener Auszug aus einer von der philosophischen Fakultät der Königlichen Universität zu Breslau dem Geheimen Medizinalrath Professor Dr. Goeppert zu seinem 50jährigen Doctorjubiläum am 11. Januar 1875 gewidmeten Festschrift, welche nicht in den Buchhandel gekommen ist.

(*Pleurococcus* Cienk.) analog. Ein kleiner Plasmakörper (Primordialzelle) ist vom Chlorophyll mehr oder minder grün gefärbt und von einer dicken Gallerthülle membranartig eingeschlossen (Fig. 7a). Der Plasmakörper, welcher 2—3 μ im Durchmesser erreicht, schliesst meist nur ein winziges Stärkekörnchen ein; in der Regel, doch nicht immer, ist an einer Stelle desselben ein nach aussen vorspringendes rothes Körnchen sichtbar, dem rothen Pigmentfleck (Augenfleck) der Schwärmsporen und Flagellaten entsprechend. Endlich finden wir im Innern des Plasmakörpers zwei Vacuolen, die periodisch verschwinden und an derselben Stelle sich wieder erzeugen; sie sind bereits von Ehrenberg angedeutet, von Busk genauer studirt worden, und entsprechen den pulsirenden Räumen, die auch bei einigen andern Volvocineen *(Chlamydomonas, Chlamydococcus, Gonium, Eudorina,* nicht aber bei *Stephanosphaera, Pandorina)* beobachtet, von Fresenius zuerst bei zweifellosen Algen *(Apiocystis)* entdeckt[1]) und von Cienkowski[2]) als ein charakteristisches Merkmal der echten Palmellaceen: *Gloeocystis (Pleurococcus), Tetraspora, Hydrurus, Palmella,* nachgewiesen worden sind. Mitunter schliesst der Plasmakörper auch eine centrale nicht pulsirende Vacuole (Saftraum) ein, um die das grüne Plasma peripherisch herumgelagert ist.

Die Gestalt der Plasmakörper zeigt grosse Verschiedenheit, die auf eine fast amoeboide Contractilität ihrer Substanz hinweist. In jüngeren Coenobien bei dicht gedrängter Lage verlängert, schmal spindelförmig, (Fig. 7c), sind dieselben in ausgewachsenen Zellen kugelig (Fig. 7a), oder in der Mediane zusammengedrückt, linsenförmig, mit einem nach aussen gerichteten, mehr oder minder verlängerten, schnabelförmigen, wasserhellen Fortsatz, an dessen Spitze die beiden langen Flimmergeisseln (*Flagella*) entspringen; der optische Längsschnitt erscheint daher fast dreieckig (Fig. 7b), wie schon Leeuwenhoek, der im Jahre 1698 die ersten Beobachtungen über *Volvox* machte, bemerkt hatte.

Die Gallerthülle, welche den Plasmakörper rings umschliesst, ist im Wasser zwar nicht löslich, aber stark quellbar, an ihrer äusseren Oberfläche gegen das Wasser scharf abgegrenzt und membranartig, nach innen weich, fast flüssig.

Die Seitenwände der Gallerthülle sind von einer Anzahl (5—6)

---

[1]) Abhandlungen der Senkenberg'schen Gesellschaft Bd. II. p. 237.

[2]) Ueber einige chlorophyllhaltige Glococapsen Botan. Ztg. 1865 p. 20. Ueber einige Palmellaceen und Flagellaten, M. Schultze, Archiv für mikroskopische Anatomie Bd. VII. p. 421.

Tüpfelkanälen durchbohrt, welche nahezu in einer Ebene liegen; zarte fadenartige Fortsätze des grünen Plasmakörpers füllen die Tüpfelkanäle aus; daher dieser, von oben gesehen, sternförmig in grüne oder farblose Strahlen auszugehen scheint. Da die Tüpfelkanäle in benachbarten Zellen correspondiren, so entsteht der Anschein eines Netzes feiner Fäden, welche die Plasmakörper unter einander verbinden, doch scheinen die Tüpfel in jeder Zelle geschlossen; dass keine directe Communication derselben stattfindet, erkennt man, wenn in späterem Zustande die feinen Fäden eingezogen, und die grünen Plasmakörper abgerundet und völlig von einander isolirt sind.

Ausserdem ist in jeder Zelle die nach aussen gerichtete Wand der Gallerthülle von zwei durchgehenden Tüpfelkanälen durchbohrt, um den beiden an der Spitze des Schnäbelchens entspringenden Flimmergeisseln, die ebenfalls fädige Fortsätze des Plasmakörpers sind, den Durchtritt nach aussen zu gestatten. (Fig. 1,7.)

Die sterilen Zellen von *Volvox* sind zu einer einfachen Schicht aneinandergereiht und begrenzen dadurch die Peripherie einer mit wässeriger Flüssigkeit gefüllten, 0,5 mm. im Durchmesser erreichenden Kugel, nach Art einer „Scheinmembran", wie das bei vielen Chroococcaceen *(Clathrocystis, Coelosphaerium, Coccochloris)* ebenfalls stattfindet. Die durch die Volvoxzellen gebildete Kugelfläche würde ausgebreitet der membranartigen Zellfläche von *Tetraspora* entsprechen; sie ist nach aussen scharf nach Art einer zusammenhängenden Cuticula, nach innen minder scharf begrenzt; in lebendigen Coenobien straff ausgespannt wird sie durch den Druck deutlich gefaltet, bei stärkerem Druck leicht zerrissen. Die Scheidewände zwischen den einzelnen Zellen sind, wie in allen Gallertmembranen, meist nur schwierig, oder mit Hilfe von Reagentien (Jod) zu unterscheiden, manchmal sind dieselben als ein deutliches Netz mit sechseckigen Maschen erkennbar. Die Dicke der je zwei benachbarte Plasmazellen trennenden Zwischensubstanz ist sehr verschieden je nach dem Alter der Familie; bei jungen Volvoxkugeln unmessbar, erreicht sie später den einfachen oder selbst mehr als den doppelten Durchmesser der grünen Körperchen (3—8 μ).

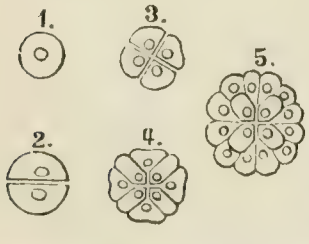
Auf den ersten Blick erscheint die Anwesenheit von beweglichen Geisseln in den rein vegetativen Volvoxzellen eine Anomalie, da wir gewöhnt sind, die beweglichen Schwärmzellen bei den Algen nur als einen vorübergehenden Zustand der Fortpflanzung, als Schwärmsporen oder Zoosporen anzutreffen.

Man darf jedoch nicht vergessen, dass bei vielen echten Palmellaceen die in der Gallert eingebetteten Primordialzellen bereits

im unbewegten Zustande mit Geisseln versehen sind, wie Thuret zuerst bei *Tetraspora* beobachtete und abbildete[1]), A. Braun bei *Gloeococcus* hervorhob, und Cienkowski auch bei *Apiocystis* erkannte. Allerdings sind die Geisseln der ruhenden Palmellaceen selbstverständlich unbewegt; gleichwohl macht diese Thatsache evident, dass zwischen Schwärmzellen, und ruhenden oder vegetativen Zellen bei den Palmellaceen, wie bei den Volvocineen kein wesentlicher Unterschied besteht, da beide Zustände mit Geisseln versehen sein können.

Die geschlechtslose Fortpflanzung von Volvox beruht, wie seit Ehrenberg[2]) bekannt, auf der vielfach wiederholten Theilung einer gewissen Zahl von Fortpflanzungszellen, welche sich gleichzeitig ausserordentlich vergrössern, und jede eine kugelförmige Zellfamilie oder Tochterkugel aus sich hervorgehen lassen. Dieser Entwickelung der geschlechtslosen Fortpflanzungszellen liegt, wie bei allen Volvocineen und Palmellaceen eine sehr oft wiederholte Zweitheilung zu Grunde.

Schon in den jungen Zellfamilien, welche noch in den Mutterkugeln eingeschlossen sind, unterscheiden sich die geschlechtslosen Fortpflanzungszellen (Parthenogonidia) von den sterilen, denen sie gleich gebaut sind, durch ihre bedeutendere, meist doppelte bis dreifache Grösse (6 — 9 μ). Bald nach der Geburt der jungen Volvoxkugeln beginnt in den geschlechtslosen Fortpflanzungszellen der Theilungsprocess. Da sich in der Regel in einer Volvoxkugel sämmtliche Parthenogonidien auf der nämlichen Stufe der Theilung befinden, so lässt sich der Verlauf derselben nur durch Vergleich zahlreicher Exemplare ermitteln, was wegen der Lage der Tochterfamilien im Innern der Mutterkugeln besondere Schwierigkeiten hat. Die directe Beobachtung zeigt, dass die Fortpflanzungszellen (Fig. 1 des beistehenden Holzschnitts, Vergrösserung 400) zuerst durch eine mediane Scheidewand halbirt (Fig. 2), dann durch eine auf dieser senkrechte Wand in 4 Quadranten getheilt werden (Fig. 3); hierauf folgt ein Zustand, wo 4 im Centrum zusammenstossende längliche Segmente ein Kreuz bilden, in dessen



[1]) Thuret, *Recherches sur les zoospores des Algues.* Paris 1851 pl. 21 Fig. 7 p. 40. Thuret selbst betrachtet Tetraspora und die Volvocineen als Infusionsthierchen.

[2]) Abhandlungen der Berliner Akademie 1831, Infusionsthierchen 1838 p. 60 seq.

ausspringende Ecken 4 nahezu dreieckige Segmente eingeschoben sind (Fig. 4). Sodann findet man die 4 Kreuzarme durch tangentiale, die 4 Zwischenstücke durch radiale Wände halbirt, und in Folge dessen 4 centrale um den Mittelpunkt geordnete Segmente von 12 peripherischen umgeben (Fig. 5)[1]). Der weitere Verlauf der Theilung ist undeutlich; die junge Familie hat die Form einer Brombeere, deren Kügelchen um so kleiner werden, je zahlreicher sie sind, und erinnert an die Coenobien von *Pandorina Morum*.

Jedes Segment umschliesst ein grösseres centrales stärkehaltiges Chlorophyllbläschen, welches die Stelle eines Zellkerns einnimmt und sich bei jeder Theilung ebenfalls theilt. Beim Beginn der Theilung vermehrt sich die Masse des grünen Protoplasma sehr rasch, daher die Segmente anfänglich bei weitem grösser sind, als die späteren Dauerzellen; im weiteren Verlauf aber nimmt die Masse des grünen Plasma nicht im Verhältniss zur wachsenden Zahl der Segmente zu; diese werden daher um so kleiner, je grösser die Zahl der Theilungen, und nehmen allmählich eine schmal cylindrische, spindel- oder stäbchenförmige Gestalt an (Fig. 7 c). Indem aber mit der Zahl der Segmente gleichzeitig das Volumen der von ihnen

---

[1]) In der Darstellung, welche ich von den Theilungsgesetzen bei *Volvox* in der Festschrift gegeben, glaubte ich die Anordnung der Zellen in einer Kugelfläche nur durch die Annahme erklären zu können, dass unmittelbar nach der dritten Theilung in 4 Quadranten (Fig. 3) diese in 8 Kugeloctanten durch eine auf den beiden früheren senkrechte grösste Kreisebene getheilt würden, die allerdings, weil dem Gesichtsfeld parallel, nicht direkt gesehen werden könne. Dieser Annahme entgegen hat Alexander Braun in einer Besprechung meiner Arbeit (Sitzung der Gesellschaft naturforschender Freunde in Berlin vom 19. Januar 1875) die Vermuthung ausgesprochen, dass die Theilung bei *Volvox* in der nämlichen Weise verlaufe, wie er sie bei den ebenfalls kugelförmigen Familien von *Eudorina elegans* festgestellt hat. Die vier Quadranten nämlich, welche aus der zweiten Theilung hervorgegangen, werden hier durch Scheidewände getheilt, welche abwechselnd nach rechts und links geneigt sind; und durch diese, von Alexander Braun als radförmige bezeichnete Theilung entsteht das Bild eines vierflügeligen Rades, wie durch weitere Kreuzung der vierten Theilung mit der dritten die Anordnung der 12 peripherischen um die 4 centralen Zellen (Fig. 4 und 5). Nach dieser Ansicht würden auch bei *Volvox* die Segmente in den vier ersten Generationen scheibenförmig in einer Ebene gelagert sein, und die spätere Anordnung in der Kugelfläche erst nachträglich bei dem durch Druck der sich entwickelnden Gallerthülle bedingten Auseinanderweichen der Segmente entstehen. Es fehlt mir augenblicklich an frischem Material, um die Theilung von *Volvox* von Neuem zu studiren; doch lässt sich nicht verkennen, dass die obigen Beobachtungen die Braun'sche Auffassung zu unterstützen scheinen.

begrenzten Kugel wächst, so bildet sich im Innern dieser ein fortdauernd sich vergrössernder Hohlraum, welcher anscheinend mit Wasser sich füllt, während die spindelförmigen Segmente, eng an einander gedrängt, die Peripherie der Kugel bedecken. Anfänglich besteht durchaus kein organischer Zusammenhang zwischen den einzelnen Segmenten, und man kann noch in fast fertig ausgebildeten Familien durch geschickten Druck die einzelnen Körperchen von einander isoliren; erst kurz vor der Geburt und nach völlig beendeter Theilung beginnt die Ausscheidung von Gallert zwischen den Segmenten; indem diese membranartig erstarrt, treten die anfänglich lose an einander gelagerten Körperchen in eine organische Verbindung und bilden ein membranartiges Scheingewebe, ähnlich wie das bei *Pediastrum, Hydrodictyon* u. s. w. bekannt ist. Weit früher, als die Zwischenmembranen kann man eine die junge Familie nach Art einer Cuticula einhüllende gemeinschaftliche Gallertschicht wahrnehmen; gleichzeitig vergrössert sich auch unter beständiger Quellung die Gallertmembran der Mutterzelle und umhüllt, anfangs dicht anliegend, später weiter abstehend, die junge Zellenfamilie, die aus ihrem Plasma hervorgegangen ist; schliesslich stellt sie eine grosse, von der Peripherie in die Centralhöhle der Mutterkugel frei hineinhängende wasserhelle Blase dar, in deren Innern die junge Volvoxfamilie zu rotiren beginnt, sobald die Geisseln der einzelnen Segmente zur Entwickelung und Bewegung gekommen sind; endlich gelangen, unter Durchreissung der sich verflüssigenden Mutterblase, die Tochterfamilien in die Centralhöhle der Mutterkugel, und nach Sprengung der letzteren in's Wasser hinaus.

Die Normalzahl der geschlechtslosen Fortpflanzungszellen, welche sich in einer Volvoxkugel zu Tochterfamilien ausbilden, ist 8; sie entspricht daher der Zahl der Segmente, in welche bei der dritten Theilung die geschlechtslose Fortpflanzungszelle zerfällt, deren primäre Grenzlinien auch in den späteren Theilungen sich noch lange verfolgen lassen. Der regelmässige Abstand der Tochterfamilien, den schon Leeuwenhoek und Ehrenberg hervorheben, spricht dafür, dass jedes der 8 primären Segmente in all seinen späteren Theilungen immer nur eine einzige Parthenogonidie, alle übrigen als sterile Zellen hervorbringt; doch vermochte ich nicht zu ermitteln, welche von den secundären Generationen zur Fortpflanzungszelle wird, obwohl anscheinend eine ganz bestimmte, schon früh ausgezeichnete Zelle zur Parthenogonidie prädestinirt wird.

Allerdings schreitet die Theilung nicht immer so regelmässig in Potenzen von 2 fort, wie das in obiger Darstellung vorausgesetzt

wird; schon frühere Beobachter heben hervor, dass mitunter von zwei Schwesterzellen die eine zur Dauerzelle wird, während die andere noch wiederholte Theilungen erleidet; auch tritt in verschiedenen Volvoxfamilien der Uebergang zur Dauergeneration bald nach einer grösseren, bald schon nach einer kleineren Zahl von Theilungen ein; daher ist auch die Zahl der zu einem Coenobium vereinigten Schwesterzellen verschieden, die allerdings nur annähernd aus der Zahl der im optischen Durchschnitt wahrnehmbaren Zellen sich berechnen lässt; Leeuwenhoek schätzte ihre Zahl auf 2000, Ehrenberg auf 9800; ich selbst glaube bis zu 12,000 annehmen zu müssen; ich gelangte zu dieser Summe, indem ich die auf einem abgemessenen Raum der Kugelfläche (100 μ^2) vorhandenen Zellen abzählte, und die Summe mit der durch Rechnung aus dem Radius bestimmten Kugelfläche multiplicirte [1]).

Ueberraschend ist die Massenzunahme des grünen Protoplasmas in den ungeschlechtlichen Fortpflanzungszellen während ihrer Entwickelung zu Tochterfamilien. Haben dieselben schon vor Beginn der Theilung den dreifachen Durchmesser der sterilen Zellen (9—10 μ) besessen, so vergrössert sich der Durchmesser der 2theiligen Familie auf 15 μ, der 4theiligen auf 17 μ, der 8theiligen auf 20 μ, der 16theiligen auf 22—24 μ, in späteren Generationen auf 48 und 90 μ, und wenn die junge Tochterkugel nach Abschluss der Theilungen in Begriff steht die Mutterfamilie zu verlassen, erreicht ihr Durchmesser 100—150 μ. Solche Zunahme ist um so merkwürdiger, als aus den Leeuwenhoek'schen Beobachtungen, bis jetzt den einzigen ihrer Art, hervorgeht, dass wenige Tage zur Ausbildung der Tochterfamilien hinreichen. Allerdings besitzen die Parthenogonidien Chlorophyll und sind demnach im Stande, selbst zu assimiliren und den Stoff für ihre Brut durch eigene Thätigkeit zu erzeugen; dennoch erscheint eine so ausserordentliche Production dieser 8 Zellen um so auffallender, als die ungeheure Mehrzahl der übrigen grünen Zellen während ihres ganzen Lebens an Masse nicht merklich zunimmt, und auch mit Ausnahme eines winzigen Stärkekörnchens, kein durch ihre chemische Thätigkeit erzeugter Stoff zur Wahrnehmung kommt. Es liegt daher der Gedanke nahe, ob nicht die von der Gesammtzahl der vegetativen Zellen während ihres Lebens producirten Bil-

[1]) In einer jungen Volvoxkugel zählte ich auf 100 μ^2 144 dicht gedrängte Zellen; der Radius der Kugel war 25 μ, die ganze Kugelfläche also enthält 11,282, rund 12,000 Zellen; denkt man sich einen gleichmässigen Verlauf der Zweitheilung, so würden aus einer geschlechtslosen Fortpflanzungszelle nach 13 Theilungen 8192, nach 14 dagegen 16,384 Zellen hervorgehen.

dungsstoffe (Kohlenhydrate, Protoplasma, Chlorophyll) durch Stoffwanderung den 8 Fortpflanzungszellen zu Gute kommen, so dass die jungen Familien nicht ausschliesslich durch ihre Mutterzellen, sondern durch die vereinigte Arbeit der gesammten Zellenfamilie ernährt werden.

Auf eine solche Arbeitstheilung scheinen die Tüpfel hinzudeuten, welche die Gallertmembranen zwischen den einzelnen Zellen durchbohren, gewissermassen eine Verbindung der sämmtlichen Plasmakörper vermitteln, und eine Wanderung der in ihnen erzeugten Bildungsstoffe nach den Geburtsstätten der jungen Familien zu erleichtern scheinen. (Fig. 7 b.)

Auch bei der Gattung *Gonium* stehen die tafelförmig angeordneten 16 Zellen durch Tüpfel, welche die gemeinschaftliche Gallerthülle durchbrechen, in netzartiger Verbindung, wenn gleich ebenso wie bei *Volvox* die Tüpfel in jeder Zelle verschlossen sind.

Was nun endlich die geschlechtliche Fortpflanzung von *Volvox* betrifft[1]), so beruht diese darauf, dass in einem Coenobium unter den vielen Tausenden steriler Zellen eine kleine Zahl theils zu weiblichen, theils zu männlichen Fortpflanzungszellen (Gynogonidia und Androgonidia) sich entwickelt. Während die geschlechtslose Fortpflanzung durch Parthenogonidien im ganzen Jahre stattfindet, scheint die geschlechtliche in der Regel erst im Herbst aufzutreten. Da demnach geschlechtliche und geschlechtslose Fortpflanzung der Regel nach nicht gleichzeitig in der nämlichen, sondern in verschiedenen Coenobien eintritt, so ist der Wechsel der beiden Fortpflanzungsweisen als Generationswechsel aufzufassen; die geschlechtliche Generation bildet den Abschluss einer grösseren oder geringeren Zahl geschlechtsloser Generationen.

Männliche und weibliche Fortpflanzungszellen finden sich entweder in der nämlichen Zellenfamilie; solche Volvoxkugeln sind daher monoecisch; oder es kommen neben rein männlichen auch rein weibliche Familien vor, und dann sind die geschlechtlichen Volvoxkugeln dioecisch.

Wir betrachten zuerst dies erstere, von uns häufiger beobachtete Verhältniss. (Fig. 1.)

---

[1]) Sie wurde von mir zuerst beschrieben im Tageblatt der Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu Wien vom 18. September 1856 p. 53. *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris, séance du 1. Dec. 1856, tome XLIII. p. 1054—56; Annales des sciences naturelles Bot. 1857 p. 323,* übersetzt mit einigen Anmerkungen im Jahresbericht der Schlesischen Gesellschaft für 1856, Bot. Section p. 77.

Die weiblichen Zellen, Gynogonidien (Fig. 1 b) unterscheiden sich anfänglich von den geschlechtslosen Fortpflanzungszellen gar nicht; sie sind schon bei der Geburt der geschlechtlichen Familien dadurch erkennbar, dass sie gleich ersteren etwa die dreifache Grösse der sterilen Zellen besitzen; ihre Plasmakörper vergrössern sich rasch beträchtlich und da sich besonders die Menge des Chlorophylls vermehrt, werden sie tief dunkelgrün; anfangs durch Vacuolenbildung schaumig (Fig. 1 b^2) sind sie später anscheinend dicht mit Plasma angefüllt; ihre Gallerthülle dehnt sich blasenförmig in der Richtung der Centralhöhle der Volvoxkugel; in älterem Zustande erscheinen sie flaschenförmig, indem ihr Hals in der Peripherie befestigt ist, während der kugelig aufgetriebene Bauch frei in die Centralhöhle des Coenobiums hineinhängt. (Fig. 1 b.) Sobald die weiblichen Zellen eine Grösse von etwa 15—20 μ erreicht haben, lassen sie sich von den geschlechtslosen Fortpflanzungszellen nicht blos durch ihre weit grössere Anzahl (über 8), sondern insbesondere auch dadurch leicht unterscheiden, dass in ihnen keine Theilung eintritt; auch überschreitet ihr Wachsthum niemals die Grösse der Pandorinaähnlichen Zellfamilien (höchstens 50 μ). Erst wenn die weibliche Zelle ausgewachsen, ist sie befruchtungsfähig; ihr grüner Plasmakörper, der anfänglich mit einem farblosen Schnabel an der Peripherie des Volvoxcoenobium anhängt, rundet sich schliesslich zur Kugel, und verhält sich nun als Befruchtungskugel (Oosphaere, Eizelle); die Gallertmembran, von welcher sie umgeben ist, kann als Oogonie aufgefasst werden. (Fig. 2.)

Die männlichen Zellen, Androgonidien (Fig. 1 a) gleichen anfangs den geschlechtslosen Fortpflanzungszellen noch in höherem Grade, da sie, sobald sie etwa den dreifachen Durchmesser der sterilen Zellen erreicht und sich blasenartig in der Richtung der Centralhöhle des Coenobium ausgedehnt haben, sich zu segmentiren beginnen; doch vermehrt sich in ihnen das Chlorophyll nicht in solchem Masse, und sie zeichnen sich daher durch ihre lichtere Färbung aus. Da ferner die Segmente in den männlichen Zellen nicht, wie bei der Bildung der jungen Zellfamilien in eine Kugelfläche, sondern in eine ebene Scheibe geordnet sind, so ist anzunehmen, dass die männlichen Zellen von Anfang an nur in zwei sich kreuzenden Richtungen getheilt werden; doch habe ich die Richtung der Theilungsebenen nicht direct verfolgen können; A. Braun vermuthet auch hier das Gesetz der radförmigen Theilung, das er bei *Eudorina* ermittelt hat. Schliesslich entsteht ein Bündel cylindrischer, oder spindelförmiger Stäbchen, welche ihrer Form nach an

die in der Kugelfläche an einander gedrängten Segmente sehr junger Zellfamilien erinnern. (Fig. 1 a^2, a^3, vgl. Fig. 8 c.)

In der That sind die Bündel als männliche Zellfamilien aufzufassen, die, wie gewöhnlich bei niederen Organismen, zwergig sind; die einzelnen Stäbchen dagegen sind als nackte Plasmakörper oder Primordialzellen zu betrachen.

Der Durchmesser eines Bündels, welches ich mit den Täfelchen von *Gonium*, oder noch bezeichnender mit den Cigarren- oder Zündholzbündeln verglichen habe, beträgt 35—44 μ, die Zahl der zum Bündel vereinigten Segmente mag 128—356 betragen, die Länge der einzelnen Stäbchen 5—6 μ erreichen. (Fig. 4.)

Während der Plasmakörper der männlichen Zellen in das Stäbchenbündel zerfällt, verändert sich das Chlorophyll in ein röthlich gelbes Pigment, und vertheilt sich in den einzelnen Stäbchen so, dass nur die eine abgerundete Hälfte gelb gefärbt, die andere schnabelförmig verjüngte dagegen farblos wird. An den Schnäbeln der Stäbchen entwickeln sich je zwei sehr lange Flimmergeisseln, welche anfangs undeutlich durcheinander gewirrt von der Oberseite des Stäbchenbündels ausgehen; so liegt das Bündel im Innern einer kugligen Blase eingeschlossen, welche nichts weiter als die ausgeweitete und sich allmählich verflüssigende Gallerthülle der männlichen Zelle ist; dieselbe kann nunmehr als Antheridie, die in ihr eingeschlossenen Körperchen als Spermatozoidenbündel aufgefasst werden.

Die Zahl der in einer Volvoxkugel auftretenden geschlechtlichen Zellen ist sehr verschieden; ich habe in einzelnen Coenobien 5 und mehr männliche und gleichzeitig ca. 40 weibliche Zellen angetroffen; obwohl ich selbst keine Regel erkennen konnte, so macht doch die gleichmässige Vertheilung der Geschlechtszellen es nicht unwahrscheinlich, dass bestimmte Segmente der in Theilung begriffenen Zellfamilie Geschlechtscharakter annehmen.

Um die nämliche Zeit, wo die ausgewachsenen Gynogonidien zu Oogonien, ihre Plasmakörper zu Oosphaeren oder Eizellen entwickelt sind, beginnen in den aus den Androgonidien hervorgegangenen Antheridien die noch in der Mutterzelle eingeschlossenen Spermatozoidenbündel ihre Flimmergeisseln in Thätigkeit zu setzen, welche erst langsam, dann rascher innerhalb der gemeinschaftlichen Hülle unduliren; in Folge dessen gerathen die Bündel selbst in Bewegung, oscilliren schwerfällig von einer Seite zur andern, bald rotiren sie mit beschleunigter Geschwindigkeit um ihre eigene Achse (Fig. 1 a, a^2). Mit einem Male hört die gemeinschaftliche Bewegung des Bündels

auf, dieses zerfällt in die stäbchenförmigen Körperchen, aus denen es zusammengesetzt ist; die letzteren bewegen sich, nachdem sie sich völlig von einander getrennt haben, frei in der Höhlung der allmählich sich auflösenden und ausweitenden Gallerthülle, von Minute zu Minute in rascherer Lebendigkeit; überaus anziehend ist der Anblick der in ihrer Mutterblase durcheinander wimmelnden Körperchen. (Fig. 1 a[3].) Bald darauf sieht man die Körperchen aus der Blase, in welcher sie bis dahin eingeschlossen waren, herausdringen und alsbald sich nach allen Richtungen in der Centralhöhle der Volvoxkugel zerstreuen. (Fig. 1 a[4].)

Diese Körperchen sind die Spermatozoiden von *Volvox;* sie erscheinen in freiem Zustande verlängert und schmal, das eine blassgelb gefärbte Ende ist dicker, spindelförmig, das entgegengesetzte Ende, an dessen Grunde ein röthliches Körnchen (Augenfleck) aufsitzt, läuft in ein farbloses, langes Schnäbelchen aus, das einem Schwanenhals ähnlich, wie dieser zierlich gebogen, und mit einer überraschenden Retractilität und Flexilität begabt ist; es dreht sich, wie umhertastend, dehnt sich aus und zieht sich wieder ein, biegt und schlängelt sich wie ein Peitschenfaden (Fig. 5); an der Stelle, wo der Hals in das dickere spindelförmige Ende übergeht, entspringen zwei lange, nach hinten gerichtete, sehr agile Flimmergeisseln, welche in den durch Jod getödteten Körperchen besonders deutlich sind (Fig. 6). Carter hat diese Spermatozoiden wegen ihres beweglichen Halses treffend mit den Infusorien der Gattung *Trachelius* (besser mit *Trachelocerca*) verglichen. Unter den im Pflanzenreich beobachteten Spermatozoiden sind die von *Volvox* durch ihre Form und Contractilität höchst auffallend; die meiste Aehnlichkeit scheinen sie mit dem Spermatozoiden von *Sphaeroplea* und *Fucus* zu besitzen; gleich diesen sind sie Spermatogonidien im Sinne Alexander Braun's.

Nachdem die Spermatozoiden ihre Mutterblase verlassen und in die Centralhöhle des Volvoxcoenobium gelangt sind, sammeln sie sich um die Oogonien und heften sich zunächst an die Aussenseite ihrer blasenförmigen, in verflüssigender Quellung begriffenen Gallerthüllen; hier angelangt, schwanken sie hin und her, drehen sich dabei in seltsamer Krümmung, und scheinen sich mit Hilfe des Halses und der Geisseln einzubohren; ihre Bewegungen gleichen ganz auffallend denen eines sogenannten Centrumbohrers. (Fig. 1 b[3].) Schliesslich gelingt es einzelnen Spermatozoiden, die erweichte Gallertmembran der Oogonien zu durchbrechen; nach kurzer Zeit trifft man eine grössere oder kleinere Zahl derselben innerhalb der

Membran. Sie bewegen sich zuerst in dem Zwischenraum zwischen der Befruchtungskugel oder Eizelle und ihrer durch Quellung weit abstehenden Gallerthülle; alsdann sieht man sie der Länge nach an die Oberfläche der Befruchtungskugel sich anlegen, wobei sie fortfahren, sich zu krümmen oder zusammenzuziehen (Fig. 2); während der spindelförmige Körper auf dem Ei anklebt, zuckt der freie Hals beständig gleichsam hämmernd in wellenartiger Schlängelung. (Fig. 2***.) Es ist wohl nicht zu bezweifeln, wenn auch direct nicht constatirt, dass ein oder mehrere Spermatozoiden mit der Oosphaere oder Eizelle zusammenschmelzen, da ja beide nichts weiter als nackte Plasmakörper, Primordialzellen sind.

Das befruchtete Ei wird nunmehr zur Eispore (Oospore). Um die nackte Befruchtungskugel bildet sich eine neue Membran; anfangs glatt, erhebt dieselbe sich später an ihrer ganzen Oberfläche in spitzen kegelförmigen Höckern, welche den optischen Querschnitt der Eispore sternförmig erscheinen lassen. Im Aequator der Spore zählt man meist 12—14 solcher Kegelhöcker; die nächste darüber und darunter befindliche Reihe wechselt mit den äquatorialen. (Fig. 3.) Das grüne Protoplasma erstreckt sich ursprünglich in die kegelförmigen Erhebungen der Membran hinein; bald aber zieht sich dasselbe, indem es sich mehr und mehr verdichtet, in eine Kugel zurück; nun bildet sich unmittelbar um die grüne Sporenkugel eine zweite völlig glatte Gallerthaut, welche sich bedeutend verdickt, so dass die sternförmige Sporenhaut, das Epispor, durch einen breiten Raum (Endospor) vom Inhalt abgetrennt erscheint. Dieser selbst zeigt anfänglich durch Vacuolenbildung ein schaumiges Ansehen, er verdichtet sich, zahlreiche Stärkekörnchen treten in ihm auf, das Chlorophyll verschwindet allmählich und ein orangerother in Oel gelöster Farbstoff tritt an seine Stelle. Die reife Oospore ist ziegelroth und erinnert ganz an die sternförmigen Eisporen von *Sphaeroplea;* schon mit blossem Auge erscheinen die geschlechtlichen Familien von *Volvox* nunmehr röthlich, da in einer Kugel bis zu 40 solcher rothen Sporen sich befinden. Ehrenberg hatte schon 1831 die Volvox-Coenobien mit sternförmigen Kugeln als eine besondere Species *(Volvox stellatus)* beschrieben; doch sah er dieselben nur unreif und schilderte sie daher als grün.

Nach der Reife der Eisporen gehen die Mutterfamilien bald zu Grunde, wobei mitunter auch einzelne Zellen sich aus dem Verbande lösen und isolirt im Wasser umherschwärmen; ihr Schicksal ist nicht bekannt; dass sie zu neuen Familien auswachsen, wie Ehrenberg vermuthet, ist nicht wahrscheinlich. Aus den zerstörten Vol-

voxkugeln fallen die Oosporen heraus und sinken auf den Grund des Wassers, um dort zu überwintern. Meine Versuche, dieselben zum Keimen zu bringen, sind bisher alle verunglückt; es ist mir jetzt wahrscheinlich, dass ein vorheriges Austrocknen, wie bei so vielen Oosporen, die Keimfähigkeit begünstigen möchte; ich habe jedoch noch nicht Gelegenheit gehabt, die Richtigkeit dieser Vermuthung zu prüfen. Jedenfalls sind es die Oosporen, durch welche die Species im austrocknenden Sumpfe sich erhält, und vermuthlich auch mit dem Staube in neu gebildete Tümpel gebracht wird, da die beweglichen Coenobien das Austrocknen nicht vertragen. Die einzigen Beobachtungen über Keimung der Oosporen von *Volvox* hat Cienkowski in einer im Jahre 1856 erschienenen russischen Schrift über Infusorien und niedere Algen beschrieben, in welcher er die ersten Keimungszustände abbildet (Tab. VI. Fig. 8—11). Hiernach scheint sich der Inhalt der Spore in 8 später ausschwärmende Kugeln zu theilen.

So viel über die Entwickelung des monöcischen *Volvox*; bereits in meiner ersten Notiz von 1856 hatte ich denselben mit dem von Alters her berühmten *Volvox Globator* L. identificirt. Stein hatte im Jahre 1854 ausgesprochen, dass *Volvox Globator,* den er für ein Infusionsthierchen hält, Ruhezustände besitzt, indem einzelne Individuen des Volvoxstockes sich vergrössern und in eine feste sternförmige Cystenwand einkapseln; solche Stöcke mit sternförmigen Cysten seien es, welche Ehrenberg als *Volvox stellatus* abgetrennt habe; Ehrenberg bilde allerdings bei seinem *Volvox stellatus* nur 12 Cysten ab, er selbst habe nie weniger als 30—40 gefunden[1]). Schon 1847 hatte Focke den Ausspruch gethan, dass *Volvox stellatus* bei genauerer Verfolgung der Uebergänge wohl nur als Varietät des *Volvox Globator* erkannt werden dürfte[2]).

Nachdem ich festgestellt, dass die sternförmigen Kugeln des *Volvox stellatus* Ehr. nicht encystirte Individuen, sondern geschlechtlich erzeugte Oosporen des *Volvox Globator* seien, konnte ich noch eine zweite von Ehrenberg's scharfsichtigem Auge zuerst unterschiedene, jedoch als selbstständige Gattung und Art abgetrennte Form in den Entwickelungskreis des *Volvox Globator* ziehen; es ist dies *Sphaerosira Volvox* Ehr., welche nach der Abbildung sich nunmehr mit Sicherheit als eine geschlechtliche Volvoxkugel mit

---

[1]) Stein, die Infusorien auf ihre Entwickelungsgeschichte untersucht, Leipzig, 1854 p. 46.

[2]) Focke, Physiologische Studien, Heft I. 1847 p. 32.

zahlreichen Antheridien und Oogonien deuten liess. Allerdings giebt Ehrenberg an, dass die einzelnen Zellen seiner *Sphaerosira* nur eine Geissel, nicht zwei besitzen, wie *Volvox;* und Perty stimmt ihm hierin bei, während Dujardin bei *Volvox Globator* nur eine Geissel findet; ich zweifle jedoch nicht daran, dass diesen Angaben nur leicht verzeihliche Beobachtungsfehler zu Grunde liegen, da alle Volvocineen zwei Geisseln führen.

Als Charakter des *Volvox Globator* L. stellen sich nunmehr folgende Merkmale heraus:

dass die kugelförmige Zellfamilie entweder 8 geschlechtslose Fortpflanzungszellen (Parthenogonidien) enthält, aus denen durch wiederholte Zweitheilung eben so viel Tochterkugeln hervorgehen;

oder dass in der Zellfamilie gleichzeitig zahlreiche männliche und weibliche Zellen (Andro- und Gynogonidien) auftreten, von denen die ersteren sich zu Antheridien mit je einem eingeschlossenen, später sich trennenden Spermatozoenbündel, die letzteren sich zu Oogonien mit je einer Befruchtungskugel (Oosphaere, Ei) entwickeln *(Sphaerosira Volvox* Ehr.*)*;

dass die Befruchtung, in Folge des Ausschwärmens der Spermatozoen durch die sich verflüssigende Antheridienwand und Eindringen derselben in die ebenfalls aufquellende Oogonienwand bis zu den Befruchtungskugeln, innerhalb der nämlichen Zellfamilie stattfindet (monöcische Zellfamilien);

dass die reifen Oosporen mit einem dicken gallertartigen Endospor und einem sternförmigen Epispor umhüllt sind *(Volvox stellatus* Ehr.).

Neben dem monöcischen *Volvox* finden sich und zwar meist in denselben Tümpeln wie jener, auch diöcische Coenobien, die, wie ich schon in meiner ersten Mittheilung von 1856 hervorhob, entweder einer Varietät oder vielleicht einer besonderen Species angehören. Hier entwickeln sich die weiblichen Zellen, aus denen Oosporen werden, und die männlichen, aus denen Spermatozoidenbündel hervorgehen, nicht in denselben, sondern in verschiedenen Coenobien, und die Sporen dieser Form sind nicht sternförmig, sondern glatt, ferner die kugeligen Zellfamilien kleiner[1]).

Stein hatte in seinem oben citirten Aufsatze schon 1854 einen kleineren *Volvox* zuerst als selbstständige Art unter dem Namen *Volvox minor* unterschieden. Als Charakter desselben führt er auf,

[1]) Jahresbericht der Schles. Gesellschaft für vaterl. Cultur für 1856 p. 82.

dass die Zahl der Tochterfamilien nicht wie bei *Volvox Globator* constant 8, sondern unbeständig (1—9), am häufigsten aber 4 sei; ferner sei die Zahl der „encystirten" Individuen geringer (meist 4, selten 1, 3, 5, 6, 8). Die Cysten selbst seien von einer inneren dicken, gallertartigen, den Inhalt dicht umschliessenden, und von einer äusseren, abstehenden, elastischen, ebenfalls ganz glatten Wand eingeschlossen. Ehrenberg hatte 1831 Volvoxstöcke mit glatten Cysten als eine selbstständige Species, *Volvox aureus* Ehr., abgetrennt, jedoch die übrigen Charaktere des Stein'schen *Volvox minor* nicht berücksichtigt, so dass die Identität des *V. aureus* Ehrh. und *V. minor* Stein nicht ganz zweifellos ist. Focke hatte 1847 *Volvox aureus* als Varietät von *Volvox Globator* aufgefasst, Laurent 1848 die rothen glatten Kugeln als Sporen des *Volvox Globator* bezeichnet [1]).

Wenn die geringere Grösse der Familien, die kleinere Zahl der sterilen und Fortpflanzungszellen, die glatte Contur des Epispor, die etwas abweichende Gestalt der Familien und Gonidien es zweifelhaft lassen, ob *Volvox minor* Stein, den ich auch bei Breslau mehrfach neben dem grösseren *Volvox Globator* beobachtet habe, als eine Varietät des letzteren oder als eine besondere Species anzusehen sei, so tritt nunmehr als wesentliches Merkmal der von mir zuerst beobachtete Charakter der Diöcie hinzu. Diese lässt sich um so leichter constatiren, als ja schon an den in einer Volvoxkugel eingeschlossenen Tochterfamilien die Geschlechtszellen unterscheidbar sind. In der Regel besitzen auch sämmtliche in einem Coenobium entwickelte Tochterkugeln das nämliche Geschlecht; doch habe ich einmal in einer Kugel des *Volvox minor* drei Tochterkugeln mit Oogonien und eine mit jungen Antheridien gleichzeitig eingeschlossen gefunden. Einmal fand ich eine Kugel des *Volvox minor,* in welcher sich ausser 4 geschlechtlos erzeugten Tochterfamilien auch ein Paar Spermatozoidenbündel entwickelt hatten. Dies ist eine Ausnahme des sonst bei *Volvox* allgemein herrschenden Gesetzes des Generationswechsels, wonach eine Familie mit ungeschlechtlicher Fortpflanzung keine geschlechtlichen Zellen hervorbringt, sondern geschlechtliche und geschlechtslose Fortpflanzung verschiedenen Generationen eigen sind.

In welcher Weise die Befruchtung bei *Volvox minor* stattfindet, habe ich nicht direct beobachten können. Ohne Zweifel müssen die Spermatozoiden aus den männlichen Coenobien ausschwärmen

[1]) Laurent, *l'Institut 1848 no. 754* (nach Perty citirt).

und in die weiblichen Kugeln eindringen, um die Oosporen in den letzteren zu befruchten. Einmal beobachtete ich eine im Wasser frei schwimmende Blase, in deren Innerem sich ein Spermatozoid lebhaft bewegte; es schien, als sei eine männliche Zelle (Antheridium) als geschlossene Cyste aus der Mutterkugel ausgetreten und erst im Wasser von den Spermatozoiden verlassen worden. Charakteristisch schien mir auch, dass die Spermatozoidenbündel des *Volvox minor* aus einer kleineren Zahl von Körperchen (ich zählte einmal nur 32) zusammengesetzt sind, als die von *V. Globator;* Oosporen fand ich meist 8, doch auch 6—10.

Ausführliche Beobachtungen über die geschlechtliche Fortpflanzung von *Volvox* verdanken wir dem um die Erforschung der mikroskopischen Organismen von Bombay hoch verdienten Carter. Dieser hatte, nachdem er schon im Jahre 1858 die geschlechtliche Fortpflanzung einer anderen Volvocinee *(Eudorina elegans)* im Zusammenhange festgestellt[1]), bald darauf auch meine Beobachtungen über die geschlechtliche Fortpflanzung von *Volvox* in ihrem ganzen Verlauf wiederholt und durch eine zwar nur skizzirte, aber charakteristische Abbildung erläutert[2]). Da jedoch Carter nur einen unvollständigen Auszug meiner Beobachtungen aus dem Jahre 1856 vor sich hatte, so nahm er irrthümlich ein Zusammenwerfen des monöcischen und diöcischen *Volvox* von meiner Seite an und entwickelte deshalb, in der Absicht mich zu berichtigen, deren Unterschiede in einer solchen Weise, dass gerade die unabhängige Bestätigung meiner Untersuchungen aus einem anderen Welttheile für die Richtigkeit derselben Gewähr leistet[3]).

Carter unterscheidet die monöcische Art mit sternförmigen Sporen, welcher er den Ehrenberg'schen Namen des *Volvox stellatus* giebt, durch die Entwickelung von 80—100 Geschlechtszellen in einer Familie, von denen 4 und mehr zu Spermatozoenbündeln, die übrigen zu Oosporen mit sternförmiger Membran sich gestalten.

Von der zweiten diöcischen Art giebt Carter an, dass die weiblichen Familien 30 bis 50 Befruchtungskugeln einschliessen, welche

---

[1]) Carter, *on the fecundation in Eudorina elegans and Cryptoglena, Annals of natural history 3. ser. 2.* 1858. Octob. p. 237. Pl. VIII.

[2]) Carter, *on the two Volvoces and their specific differences. Annals of natural history 3, ser. 3.* 1859 Jan. p. 1. Pl. I.

[3]) *Volvox* ist eine kosmopolitische Gattung, und nicht blos in ganz Europa, sondern auch in Afrika (am Nil), Asien (Bombay) und Nord-Amerika (Massachusets) gefunden worden.

eine dicke Kapselmembran mit schwach welligem Umriss erhalten und dadurch zu Sporen werden, während in den männlichen Familien gegen 100 Spermatozoenbündel sich entwickeln; da Carter dieselben niemals frei beobachtete, weder in der Volvoxkugel selbst, noch ausserhalb derselben, so nahm er an, dass die geschlechtsreifen Spermatozoiden aus ihrer Blase zunächst in die Centralhöhle ihrer Mutterkugel ausschwärmen, von hier nach aussen in's Wasser dringen, endlich in die Höhle einer weiblichen Volvoxfamilie und in's Innere der Oogonien sich Eingang verschaffen. Die männlichen Familien fand Carter nur halb so gross als die weiblichen.

Carter bezeichnete den diöcischen *Volvox* als *V. Globator* Ehr., was nur zur Verwirrung führen kann; ich würde diese Art jedoch mit dem von Stein und mir beobachteten *Volvox minor* unbedenklich für identisch halten, mit dem sie in wesentlichen Charakteren (Diöcie, glatte Oosporen) übereinstimmt, wenn nicht Carter die Zahl der Geschlechtszellen so gross angäbe, wie wir sie bei *V. minor* nie gefunden haben. Ein drittes Merkmal jedoch, welches Carter für den diöcischen *Volvox* anführt, erregt in mir Bedenken, ob hier nicht eine Verwechselung seinerseits zu Grunde liegt; Carter giebt nämlich an, dass während die 8 geschlechtslosen Fortpflanzungszellen der monöcischen Art sich zu theilen beginnen, sobald sie zwei- bis dreimal grösser als die sterilen Zellen ($\frac{1}{2700}$ Zoll = 9 μ) geworden, dieselben bei der diöcischen Art sich mit Stärkekügelchen und Chlorophyll füllen und eine neunmal bedeutendere Grösse ($\frac{1}{300}$ Zoll = 85 μ) erreichen, bevor sie sich theilen, bis dann plötzlich eine Umordnung des Inhalts in ihnen eintreten, und dieser sich in eine Kugel mit peripherischen bewimperten Zellen umbilden soll. Ein solcher Vorgang steht aber im Widerspruch mit Allem, was wir über die Theilungsvorgänge bei *Volvox* und den verwandten Gattungen wissen; ich erkläre mir Carter's Angaben dadurch, dass derselbe die niemals segmentirten Oosphären des *Volvox minor* wegen ihrer geringen Zahl (8 nach der Abbildung) fälschlich als Mutterzellen geschlechtslos erzeugter Tochterfamilien gedeutet, im Uebrigen aber beide Species von einander nicht scharf unterschieden hat. Hiernach möchte ich Carter's *Volvox stellatus* für unseren *Volvox Globator,* dagegen *Volvox Globator* Carter für *Volvox minor* Stein erklären; möglich, dass Carter eine eigene Species vor sich hatte.

Rabenhorst in seiner *Flora europaea Algarum aquae dulcis et submarinae* (Sectio III. 1868) trennt zwar unter Zugrundelegung meiner Beobachtungen *Volvox Globator L.* und *minor* Stein, verwechselt aber die unterscheidenden Charaktere insofern, als er

Volvox Globator irrthümlich als diöcisch, *V. minor* als monöcisch aufführt, während das Gegentheil richtig ist.

Da nun einmal in der Nomenclatur eine nicht immer lösbare Verwirrung eingetreten ist, so möchte es sich empfehlen, die alten Namen ganz fallen zu lassen, und nach dem charakteristischen Merkmale

a) *Volvox monoicus (V. Globator* Ehr. 1831, Cohn 1856; *V. stellatus* Ehr. 1831, Carter 1858),

b) *Volvox dioicus (V. minor* Stein 1854, Cohn 1856; *V. aureus* Ehr. 1831; *V. Globator* (?) Carter 1858)

zu unterscheiden. Vielleicht kann man, da zur Sicherstellung der beiden meist gleichzeitig unter einander vorkommenden Formen als specifisch getrennter Arten noch weitere Beobachtung erforderlich scheint, beide für jetzt als zwei Subspecies des alten Linné'schen *Volvox Globator* auffassen.

Wenden wir uns schliesslich noch zur Untersuchung der Frage, inwieweit die hier entwickelten Verhältnisse auch für andere Gattungen aus der Familie der Volvocineen Geltung haben, so tritt uns zunächst die zierliche *Eudorina elegans* entgegen, bei welcher ich schon im Jahre 1856 das Vorkommen von Spermatozoenbündeln angezeigt habe[1]); aber erst Carter gab 1858 deren vollständige Entwickelungsgeschichte, indem er ihre Entstehung aus den 4 vorderen Zellen (Androgonidien) eines ovalen, 32zelligen monöcischen Coenobiums nachwies, welche demzufolge zu Antheridien sich entwickeln; die 28 übrigen Zellen sind Gynogonidien und werden zu Oogonien[2]). Die 4, aus je 64 Segmenten bestehenden Bündel lösen sich bei der Geschlechtsreife in die einzelnen Spermatozoiden auf, welche einen ausserordentlich plastischen, *euglena*artig contractilen, bald verlängert-spindelförmigen, bald verkürzt-birnförmigen, hellgrünen Plasmakörper mit farblosem Schnäbelchen, rothem Pigmentfleck und zwei Flimmergeisseln besitzen. Nachdem die von einer Zellmembran eingeschlossenen, kugeligen Oosphären durch die im nämlichen Coenobium frei umherschwärmenden Spermatozoiden befruchtet sind, werden sie, wie ich selbst beobachtet, zu rothen Oosporen mit glattem Epispor.

In auffallender Weise abweichend verhält sich dagegen eine mit *Eudorina elegans* nahe verwandte, und mit dieser oft verwechselte Volvocineengattung, *Pandorina Morum,* deren sexuelle Fortpflanzung erst 1869 durch Pringsheim[3]) festgestellt worden ist. Die

[1]) Jahresbericht der Schlesischen Gesellschaft 1856 p. 83.

[2]) *Annals of natural history 3. ser. 2. 1858.*

[3]) Pringsheim, Ueber Paarung von Schwärmsporen, die morphologische Grundform der Zeugung im Pflanzenreiche. Berlin 1869.

16zelligen Coenobien dieser Pflanze sind entweder geschlechtslos, indem sämmtliche Zellen sich als Parthenogonidien verhalten und Tochterfamilien gleicher Art aus sich hervorgehen lassen. Oder die Coenobien sind geschlechtlich; letztere entstehen in geschlechtslosen Zellfamilien, indem die 16 Zellen sich in der Regel jede nur in 8 Segmente theilen und dadurch jungen Tochterfamilien den Ursprung geben, welche entweder männliches oder weibliches Geschlecht besitzen. Die geschlechtlichen Familien lösen sich in ihre einzelnen Zellen auf, welche als Schwärmsporen sich selbstständig bewegen; je zwei Schwärmsporen, aus Familien verschiedenen Geschlechts abstammend, nähern sich, berühren sich an der farblosen Stelle (Schnäbelchen, Keimfleck) und verschmelzen nach mehreren Minuten zu einer einzigen grünen Kugel, welche unter Röthung ihres Inhalts sich als Oospore verhält und erst nach längerer Ruhe bei der Keimung neue Pandorinen hervorbringt. Dieser Vorgang, von Pringsheim als Paarung von Schwärmsporen bezeichnet, weicht von der bei *Volvox* und *Eudorina* stattfindenden Befruchtung durch den Mangel einer erkennbaren Differenzirung der sich paarenden Schwärmer ab, da diese weder von den gewöhnlichen Schwärmzellen sich unterscheiden, noch unter einander irgend welche Unterschiede, nicht einmal constante Grössenverschiedenheiten zeigen.

Schon Pringsheim knüpfte die Paarung der Schwärmsporen zunächst an die Copulation der Zygnemeen an; Sachs in der neuesten Auflage seines Lehrbuches der Botanik[1]) hat aus diesem Grunde die Familie der Volvocineen in die Klasse der Zygosporeen gestellt, in welcher sie neben den Myxomyceten, Mucoraceen, Zygnemaceen und Diatomaceen als eine „durch Paarung beweglicher grüner Zellen" charakterisirte Gruppe angereiht werden. Diese Stellung scheint mir nicht natürlich. Es ist ein in der Systematik anerkannter Satz, dass der Platz, welchen eine Pflanzenfamilie im natürlichen System einnimmt, nicht nach den unvollkommeneren, sondern nach den Gattungen mit vollkommenster Entwickelung zu beurtheilen ist[2]). Nun ist aber in den Gattungen *Volvox* und *Eudorina* der sexuelle Charakter ganz in der nämlichen Weise ausgeprägt, wie bei denjenigen Algen, welche wir in die Klasse der Oosporeen vereinigt haben; es lässt sich kein grösserer Geschlechts-

---

[1]) Sachs, Lehrbuch der Botanik, 4. Aufl. 1874 p. 258.

[2]) Aus diesem Grunde wird z. B. *Fraxinus excelsior* unter die *Monopetalae*, *Anemone* unter die *Polypetalae* eingereiht.

unterschied denken, als zwischen den Oogonien von *Volvox* mit ihren ungetheilten, kugeligen, durch bedeutende Grösse sich auszeichnenden Eizellen — und den Antheridien, in denen in Folge oft wiederholter Segmentation die kleinen, lebhaft beweglichen, plastisch contractilen Spermatozoiden sich entwickeln; während die Eizellen am Orte ihrer Bildung verharren und hier zu Oosporen ausreifen, schwärmen die Spermatozoiden aus der Stätte ihrer Entstehung aus und dringen, durch eine, wie bei allen Spermatozoiden völlig räthselhafte Kraft getrieben und dirigirt, zu den Eizellen vor, obwohl diese, selbst im nämlichen Coenobium durch Membranen abgeschlossen, in anderen Fällen sogar in getrennten Coenobien erzeugt sind.

Die Uebereinstimmung aller sexuellen Verhältnisse bei *Volvox* und *Eudorina* mit *Sphaeroplea* auf der einen und mit *Fucus* auf der anderen Seite ist so einleuchtend, dass eine Vertheilung dieser Algen in zwei verschiedene Klassen als unnatürlich erscheinen muss und die Stellung aller dieser Gattungen in der nämlichen Abtheilung der Oosporeen wohl nicht bezweifelt werden kann.

Es ist allerdings noch verfrüht, aus den Vorgängen bei *Volvox* durch Generalisiren allgemeine Schlüsse über den Familiencharakter der Volvocineen überhaupt zu ziehen, so lange die Vorgänge bei *Chlamydococcus*, *Stephanosphaera* und *Gonium* nicht durch neue Untersuchungen vollständig ins Klare gestellt sind. Dennoch meine ich, dass auch die sexuelle Fortpflanzung bei *Pandorina* sich ohne Zwang als Bildung von Oosporen auffassen lässt, hervorgegangen aus der Verschmelzung einer Oosphaere und eines Spermatozoids, welche allerdings bei dieser Gattung unter einander bei weitem geringere Verschiedenheiten zeigen, als dies in den vollkommeneren Gattungen der Fall ist. Pringsheim selbst spricht stets von männlichen und weiblichen Zellfamilien und Schwärmern, von denen die letzteren in der Regel durch ihre bedeutendere Grösse von den ersteren unterschieden sind[1]).

Pringsheim legt allerdings ein besonderes Gewicht darauf, dass bei *Pandorina* die Befruchtungskugeln nicht, wie gewöhnlich, unbewegte, sondern bewegliche Primordialzellen sind, und es soll die Bedeutung dieser schönen Entdeckung, welche viele früher dunkle Vorgänge in ein helles Licht setzt, nicht verkannt werden. Ob aber gerade in der Familie der Volvocineen, wo selbst die vegetativen Zellen sich wie Schwärmsporen verhalten, in der Be-

[1]) S. Anmerkung [3]) p. 110.

weglichkeit der Oosphaeren ein die Fortpflanzung wesentlich modificirendes Moment zu erkennen ist, würde sich erst dann beurtheilen lassen, wenn wir über die ursächlichen Verhältnisse, welche in gewissen nackten Primordialzellen spontane Bewegungen erregen, klarere Kenntniss besässen.

Es ist wohl nicht zu bezweifeln, dass alle geschlechtliche Befruchtung im Reiche der Kryptogamen auf der Paarung von — wenn auch nicht Schwärmzellen — so doch von nackten Primordialzellen beruht, und dass insbesondere im Reiche der Thallophyten von den an Masse, Gestaltung und Inhalt völlig gleichartigen Plasmakörpern copulirter Zygnemeen und Desmidiaceen bis zu den durchaus verschieden entwickelten Oosphaeren und Spermatozoiden alle möglichen Zwischenstufen sich nachweisen lassen. Ich möchte hieraus den Schluss ziehen, dass Zygosporeen und Oosporeen nicht, wie ich selbst früher angenommen habe [1]), als zwei getrennte Hauptklassen der Thallophyten, sondern nur als zwei Unterabtheilungen der nämlichen Klasse *(Gamosporeae)* gelten dürfen, deren wesentlicher Charakter auf der Erzeugung geschlechtlich befruchteter Sporen beruht, während in dem Grade der sexuellen Differenzirung ein stufenweiser Fortschritt in mannigfachen Uebergängen sich verfolgen lässt [2]).

Den *Gamosporeae* tritt als zweite Hauptklasse der Thallophyten die Gesammtheit aller derjenigen Familien gegenüber, bei denen aus der Vereinigung der beiden Geschlechtszellen nicht eine einzellige Spore, sondern der zusammengesetzte Körper einer Frucht hervorgeht, und die wir daher als *Gamocarpeae* oder mit Sachs als *Carposporeae* bezeichnen können. Aber auch in dieser Klasse wird die Befruchtung bald durch Samenkörperchen (Spermatien) vermittelt, welche sich von dem männlichen Organ (Spermogonium) ablösen und durch active oder passive Bewegung dem Scheitel des weiblichen Organs (Carpogonium) zugeführt werden; bald durch Copulation, wenn die männliche Zelle des Pollinodium durch Spitzenwachsthum mit dem Scheitel des weiblichen Carpogonium

---

[1]) Cohn, *Conspectus familiarum cryptogamicarum secundum methodum naturalem dispositarum, Hedwigia 1872 p. 18;* ausführlicher im Jahresbericht der Schlesischen Gesellschaft für 1871. Bot. Sect. p. 25.

[2]) Auch die von Sachs in eine besondere Klasse *(Protophyta)* eingeschobenen Palmellaceen dürfen mit dem grössten Theil der bisher noch bei den Infusorien belassenen Flagellaten meines Erachtens nicht aus der Nähe der Volvocineen getrennt werden, mit denen sie unverkennbare Verwandtschaftsbeziehungen zeigen.

in Berührung kommt, und in dieses unmittelbar ihr befruchtendes Plasma ergiesst. Beide Befruchtungsweisen sind auch in der Klasse der *Gamocarpeae* durch so viele Uebergänge verbunden, dass eine Begründung natürlicher Ordnungen auf diese Unterschiede nicht zulässig ist, und die Art und Weise der Befruchtung daher nur secundäre Charaktere zu bieten scheint. Denn wenn auch bei den Florideen, und wie es scheint, auch bei Uredineen, Tremellinen und Hymenomyceten bis jetzt nur Befruchtung durch Spermatien beobachtet ist, so finden sich doch bei den Ascomyceten Familien mit Spermogonien (*Lichenes* etc.) in unmittelbarer Nähe von solchen mit Pollinodien (*Pezizeae, Sordaria, Erysiphaceae, Penicillium).* Scharf ist dagegen die Scheidung bei den höheren Kryptogamen (Moose, Gefässkryptogamen), wo die Befruchtung ausschliesslich durch Samenkörperchen stattfindet, und bei den Phanerogamen, wo die Spermatozoiden gänzlich fehlen, und die Befruchtung durch Pollenschläuche eine gewisse Analogie mit der Copulation der Pollinodien zu bieten scheint.

Figuren-Erklärung.

Tafel II.

Vergrösserung von Fig. 1 = 250, von 2, 3 = 400, von 4, 5, 6, 7 = 800.

Fig. 1. Eine kugelförmige Zellfamilie von *Volvox Globator* L. *(monoicus)* geschlechtliches Coenobium: a, a^2, a^3, a^4 männliche Zellen (Androgonidien), zu Antheridien mit Spermatozoidenbündeln entwickelt, a von oben, a^2 von der Seite gesehen, a^3 die Bündel in die einzelnen Spermatozoiden aufgelöst; a^4 ein Antheridium, fast ganz entleert, nur wenige Spermatozoiden sind in der Mutterblase zurückgeblieben; b, b, b... weibliche Zellen (Gynogonidien), zu Oogonien entwickelt; b^2 mit Vacuolen im Innern; bei b^3 haben sich die Spermatozoiden aussen an die Gallerthülle des Oogoniums angesetzt; einzelne Spermatozoiden bewegen sich in der Centralhöhle des Coenobiums.

Fig. 2. Befruchtung einer Oogonie, die Oosphaere (Befruchtungskugel) von Spermatozoiden umschwärmt, welche die Gallertmembran durchbohrt haben; bei *** haben sich drei Spermatozoiden mit ihrem Körper an die Oosphaere angelegt, ihr Hals macht wurmförmige Bewegungen.

Fig. 3. Unreife Oospore; das sternförmige Epispor ist schon ausgebildet, das gallertartige Endospor beginnt erst sich zu bilden.

Fig. 4. Spermatozoidenbündel, noch ungetrennt, im Innern der Antheridie rotirend.

Fig. 5. Spermatozoiden, isolirt und lebhaft bewegt, mit contractilem und flexilem Hals; a ein im Wasser hydropisch angeschwollenes Spermatozoid.

Fig. 6. Spermatozoiden durch Jod getödtet, zeigen die Anheftung der Geisseln deutlich.

Fig. 7. Ein Segment aus der Peripherie einer Volvoxkugel; a eine Fortpflanzungszelle; b drei sterile (vegetative) Zellen; c stäbchenförmige Segmente aus der Peripherie einer sehr jungen Zellfamilie (halbschematisch).

Untersuchungen über Pythium Equiseti.

Von

Dr. Richard Sadebeck.

Mit Tafel III. und IV.

Die Entwickelungsgeschichte der Schachtelhalme, ganz insbesondere aber die der Anfangszustände derselben hat im Verhältniss zu der der anderen Abtheilungen der Gefässcryptogamen eine sehr geringe Anzahl von Bearbeitern aufzuweisen. Die bis jetzt mitgetheilten Angaben beschränken sich im Wesentlichen auf die Untersuchungen von Milde[1]), Hofmeister[2]) und Duval-Jouve[3]), differiren aber zum Theil gerade in den wichtigsten Punkten, wie z. B. in der Entwickelungsgeschichte der Antheridien, des Embryo's u. s. w. Indem also weitere Untersuchungen zur Klarlegung dieser Verhältnisse durchaus wünschenswerth waren, unternahm ich es, die dazu erforderlichen Culturen anzustellen. Ich säete daher am 27. April v. J. Sporen von *Equisetum arvense,* und Ende Juni die von *E. palustre* aus. Die nachstehenden Erörterungen beziehen sich jedoch nur auf *Equisetum arvense.*

Um möglichst allen Eventualitäten vorzubeugen, und das Gelingen besagter Culturen zu sichern, wurden die Aussaaten an drei verschiedenen Orten bewerkstelligt, nämlich im Berliner pflanzenphysiologischen Institut, im botanischen Garten der Universität und in meiner Wohnung. Gemäss den Angaben und Erfahrungen Hofmeisters[4]) wurde auch dafür Sorge getragen, die Oberfläche der Aussaat-Töpfe uneben zu machen und ausserdem wurde als Substrat nicht allein Gartenerde, sondern auch Sand angewendet. Besonders

---

1) Nova acta Acad. Leopold. nat. cur. vol. XXIII. P. II. pag. 615 ff.

2) Vergleichende Untersuchungen 1851 pag. 89 ff. und Beiträge zur Kenntniss der Gefässcryptogamen in den Abhandlungen der Königl. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften 1852 pag. 168 ff.

3) Histoire naturelle des Equisetum. (Paris 1864.)

4) l. c. pag. 169.

auf letzterem gediehen im Anfange die Culturen allem Anscheine nach recht gut, so dass Hoffnung war, das für die Untersuchung gewünschte Material zu erhalten. Weniger geeignet für die Bedingungen der Keimung erwies sich die reine Gartenerde.

Etwa zwei Wochen nach der Aussaat, am 15. Mai, bemerkte jedoch mein Freund, Prof. L. Kny, an den im pflanzenphysiologischen Institut zu Berlin angestellten Culturen, dass ein Theil der bis dahin gut gediehenen Prothallien des *Equisetum arvense* eine hellbraune Färbung zeigte, verbunden mit der Neigung, die bisher verfolgte aufrechte Wachsthumsrichtung aufzugeben und sich der Oberfläche des Substrates anzulegen.

Diese Erscheinung wurde jedoch ausschliesslich nur an solchen Vorkeimen beobachtet, welche auf Sand ausgesäet waren, die übrigen, auf Gartenerde ausgesäeten, hatten sich vollständig frisch erhalten, und gediehen allem Anschein nach ganz vortrefflich. Eine nähere Untersuchung zeigte nun sehr bald, dass das Mycelium eines Pilzes, der, wie die weiteren Mittheilungen zeigen werden, in die Familie der *Saprolegnieen* gehört, die Ursache dieser Wachsthumshemmung war, und damit verbunden auch das Zugrundegehen der von ihm befallenen Prothallien bewirkte; der Art, dass dieselben gänzlich verschwanden, ohne irgendwelche, dem unbewaffneten Auge erkennbaren Ueberreste zurückzulassen.

Es war leider nicht möglich, die Entwickelungsgeschichte dieses Pilzes in aller Vollständigkeit, wie sie wohl wünschenswerth gewesen wäre, zu beobachten; immerhin jedoch war das Untersuchungsmaterial ausreichend, eine grössere Klarheit zu gewähren in einigen besonders kritischen Punkten der Befruchtungstheorie dieser Familie. Da es ausserdem zum mindesten sehr unsicher ist, ob mir Gelegenheit gegeben werden wird, diesen interessanten Schmarotzer nochmals zu untersuchen, so theile ich im Nachfolgenden meine darauf bezüglichen Untersuchungen in einer vollständigeren Form mit, als es mir bei dem mündlichen Vortrage[1]) in der Sitzung des Berliner botanischen Vereins möglich war.

Auch Milde berichtet in seiner Entwickelungsgeschichte der *Equiseten* und *Rhizocarpeen*[2]), dass gegen Ende des April das Mycelium eines Pilzes, welches sich sehr rasch verbreitete, alle Vorkeime des *Equisetum arvense* zerstörte und so seinen weiteren Beobachtungen ein Ende machte. Es scheint mir kaum zweifelhaft, dass Milde's

[1]) Vergl. Sitzungsberichte des botanischen Vereins für die Provinz Brandenburg vom 28. August 1874. pag. 116 ff.

[2]) l. c. pag. 641.

Culturen, obwohl bedeutend weiter entwickelt, demselben Pilz erlagen, durch welchen auch die meinigen zu einem grossen Theile zerstört wurden. Auch in meinen Culturen verbreitete sich der Pilz sehr rasch und durchzog die jungen Vorkeime mit einem dichten Fadennetz. Zuerst wurden hiervon die Wurzelhaare betroffen, und steht hiermit die Erscheinung im Zusammenhange, dass die Prothallien eine auffallende Neigung gegen die Bodenoberfläche erkennen liessen.

Es wurde an einer grossen Anzahl von Vorkeimen festgestellt, dass die Wurzelhaare bereits mit viel Mycelfäden angefüllt waren, während in den Zellen des Vorkeims noch nichts davon zu sehen war. Nimmt man hierzu die Thatsache in Erwägung, dass die auf Gartenerde erzogenen Vorkeime nichts von einer Erkrankung zeigten, obgleich sie in demselben Topfe, wie die auf Sand erzogenen und erkrankten sich befanden (die Aussaattöpfe waren nämlich so eingerichtet, dass die Oberfläche derselben zur Hälfte von gewöhnlicher Gartenerde, zur anderen Hälfte von einer Lage Sand gebildet wurde), so liegt die Vermuthung nicht fern, dass das Substrat die Keime des Pilzes in sich getragen habe und dass von diesem die Infection ausgegangen sei. Eine darauf bezügliche directe Beobachtung gelang nicht, obwohl behufs derselben mehrfache Versuche gemacht wurden; dagegen gelang es stets, gesunde Vorkeime zu inficiren.

Um zunächst sicher zu gehen, dass die für den Inficirungs-Versuch verwendeten Vorkeime vollständig gesund seien, wurden dieselben nur solchen Aussaattöpfen entnommen, auf welchen die in Rede stehenden Erkrankungs-Erscheinungen nicht wahrgenommen worden waren; alsdann wurden diese Vorkeime einer genauen mikroskopischen Untersuchung unterzogen, und erst, wenn dieselbe ergeben hatte, dass sie völlig gesund seien, für den Versuch selbst verwerthet. Es wurde nun je ein auf diese Weise als gesund erkannter Vorkeim entweder auf einen Objectträger oder in ein mit Wasser zum Theil angefülltes Uhrgläschen gebracht, in welchem sich seit einigen (meist c. 24) Stunden ein zweiter, aber erkrankter Vorkeim befand. In Wasser gebracht liessen nämlich die erkrankten Vorkeime ein bedeutend schnelleres Wachsthum des Pilzes erkennen, welches sich besonders dadurch auszeichnete, dass die einzelnen Mycelfäden die Zellwände des Vorkeims oder dessen Wurzelhaare durchbohrten (Fig. 1, 2 und 3) und im Wasser sich weit verzweigten. Das Mycelium umgab daher den Vorkeim ringsum und erschien wie ein dichter Schleier; es war somit auch ein Leichtes, einzelne Theile eines solchen Myceliums loszutrennen.

Solche abgelöste Theile des Myceliums wurden ebenfalls in der oben schon beschriebenen Weise mit gesunden Vorkeimen zusammengebracht. Die Enden der im Wasser sich mehr und mehr ausbreitenden Mycelfäden durchbohrten, sobald sie an den gesunden Vorkeim gelangten, dessen Zellwände, und drangen in das Innere der Zellen ein, um daselbst in gleicher Weise, wie in den erkrankten sich weiter und weiter auszubilden. Brachte man einen solchen, also künstlich inficirten Vorkeim wieder mit einem gesunden zusammen auf einen Objectträger, so wiederholte sich sehr bald der oben beschriebene Process, auch dieser Vorkeim wurde inficirt und zeigte für weitere noch gesunde Vorkeime dieselbe Infectionskraft, wie diejenigen, welche als erkrankte von den Töpfen entnommen waren. Indem somit einestheils die Infectionskraft der Mycelfäden bewiesen war, konnte es nun auch als sicher gelten, dass der Pilz die Erkrankung direct hervorgebracht habe, und nicht wie in einigen anderen Fällen, nur in den durch andere Ursachen erkrankten Pflanzen das für seine Entwickelung besonders günstige Substrat gefunden habe.

Die Durchbohrung der Zellwände durch die Mycelfäden geschieht sowohl beim Austreten aus den Zellen des Vorkeims, als beim Eintreten in dieselben in gleicher Weise. Ein Mycelfaden schwillt an seinem Ende etwas an und spitzt sich alsdann konisch zu; sodann treibt er einen engen Fortsatz durch die Zellmembran hindurch, erst nachher wieder seine ursprüngliche Dicke annehmend. Später freilich, nachdem der Faden schon längst durchgedrungen ist, wird die Verengung desselben an der Stelle, wo er die Zellwand durchbrochen hat, sehr oft immer mehr und mehr undeutlich und weitet sich aus, so dass es endlich erscheint, dass der Faden auch während des Durchbruchs durch die Zellwand seine Dickendimension nie geändert hätte. Aehnliche Erscheinungen zeigen auch sonst vielfach andere Pilzarten bei dem Durchbohren eines Mycelfadens durch eine Zellmembran. Bei *Pythium de Baryanum*[1]) dagegen findet nach den Mittheilungen Hesse's keine Verengung des Mycelfadens an der Stelle statt, wo er die Zellwand durchbrochen hat. Hesse giebt daselbst ausdrücklich an, dass der Fortsatz, den das angeschwollene Ende des Myceliumzweiges bildet, nahezu von der Dicke desselben sei.

Im Wesentlichen jedoch stimmen die Angaben Hesse's mit meinen Beobachtungen überein, indem durch dieselben die Inficirungs-

[1]) *Pythium de Baryanum*, ein endophytischer Schmarotzer. Aufgefunden und beschrieben von Dr. Rudolph Hesse. Halle a/S. 1874.

kraft der rein vegetativen Theile des Myceliums ebenfalls durch Versuche bewiesen wird; Hesse kommt zu demselben Resultat, wie ich es auch schon ausgesprochen hatte [1]), dass die Inficirung nur von dem Substrat, in welchem die Pflanzen ausgesäet waren, herrühren könne. Es sei übrigens hier noch bemerkt, dass bei den Inficirungsversuchen, welche ich anstellte, die Zellen des Vorkeims in gleicher Weise wie die der Wurzelhaare befallen wurden; woraus erhellt, dass die Wurzelhaare der cultivirten Vorkeime von *Equisetum arvense* nur desshalb zuerst von der Krankheit befallen worden sind, weil sie dem Infectionsherde örtlich am nächsten gelegen waren; es wird somit also auch die Annahme ausgeschlossen, dass sie in grösserem Maasse, als die Vorkeimzellen die Bedingungen für das Eindringen und die Entwickelung des Pilzes bilden.

Die Entwickelungsgeschichte und Lebensweise des Pilzes selbst stimmt im Grossen und Ganzen überein mit derjenigen, welche die Gattung *Pythium* characterisirt und ist daher der Pilz, mit Bezugnahme auf seine Nährpflanze mit *Pythium Equiseti* bezeichnet worden.

Zuerst tritt die Entwickelung der Schwärmsporen auf, welche sich in einer feinen, hyalinen Blase bilden und in dieser bereits eine rotirende Bewegung bemerken lassen, beim Austreten machen sie keinen Häutungsprocess durch. Nach Beendigung der Schwärmsporenbildung folgt zunächst beträchtliche vegetative Entwickelung der Mycelfäden, verbunden mit lebhaften Strömungen im Plasma; sodann erst das Auftreten der eigentlichen Sexualorgane, der Oogonien und Antheridien, in keinem Oogonium mehr als eine Oospore.

Die Bildung von Schwärmsporen wurde nur sehr selten beobachtet und auch nur in den ersten Tagen der Untersuchung. Die besonders behufs der Beobachtung der Schwärmsporenentwickelung in Wasser gebrachten, erkrankten Vorkeime liessen im Ganzen nur dreimal eine solche in der bereits oben angeführten Weise erkennen. Sehr eigenthümlich war es besonders, dass die Schwärmsporen bereits in der hyalinen Blase ein deutlich erkennbares Rotiren zeigten; es erinnerte diese Erscheinung lebhaft an die von Roze und Cornu gegebene Abbildung [2]) über die Schwärmsporenbildung von *Cystosiphon pythioides*; auch die nierenförmige Gestalt der einzelnen Schwärmsporen stimmte genau mit besagter Abbildung überein. Die so selten auftretende Bildung von Schwärmsporen verhinderte natürlich auch die genauere Beobachtung der Entwickelung, und es ist

---

[1]) l. c. pag. 119.

[2]) Ann. des Scienc. nat. 5e. Série; Bot. Tom. II. Pl. 3. Fig. 10—12.

mir daher auch nicht gelungen, die erste Art ihrer Entstehung zu erkennen. Ob nun der Pilz in der That sehr selten Schwärmsporenbildung zeigt, oder ob äussere Umstände hier den Verhinderungsgrund bildeten, war mit Sicherheit nicht nachzuweisen. Ich vermuthe das letztere, und das um so mehr, als mehrere andere Erscheinungen sich wohl kaum anders erklären lassen, als dadurch entstanden, dass die vollständige Schwärmsporenausbildung unterdrückt worden ist.

Zu wiederholten Malen nämlich wurde beobachtet, dass die ganze Plasmamasse aus dem Sporangium hervortrat und als solche den Beginn der Keimung zeigte, indem sie sich an einer Stelle sehr verjüngte und einen Keimschlauch trieb. (Fig. 23 und 24.) Es theilte sich also die Inhaltsmasse nicht erst nach Art der Schwärmsporenbildung in mehrere gesonderte Plasmamassen, in Folge dessen in ebensoviel Keimschläuche auswachsend, wie es Pringsheim bei den Oosporen von *Saprolegnia ferax* beobachtet hat[1]). Auch zerfiel der Inhalt nach dem Austritt nicht in Zoosporen[2]). Es bietet überhaupt dieser vielleicht analog scheinende Fall keine Uebereinstimmung mit *Saprolegnia ferax*, denn bei unserer Pflanze ist es nicht eine Oospore, sondern ein Sporangium, welches seinen Stiel noch beibehalten hat und demnach als solches unverkennbar ist. Es ist mir leider nicht gelungen, die weitere Entwickelungsfähigkeit eines in der eben angegebenen Weise entstandenen Keimschlauches zu constatiren. Das Wachsthum desselben ging zu langsam vor sich, als dass dasselbe direct hätte beobachtet werden können, um aber am folgenden Tage den weiteren Fortgang desselben zu constatiren, hätte ein solches Präparat isolirt werden müssen; dieses erwies sich jedoch trotz vielfacher Bemühungen bei der Kleinheit des Objectes als unmöglich. So viel konnte aber mit aller Sicherheit constatirt werden, dass die vegetative Entwickelung in den meisten Fällen eine sehr bedeutende war.

Um Vieles genauer konnten die zahlreicher auftretenden Sexualorgane beobachtet werden, und es war demnach möglich, den Befruchtungsact in allen seinen Phasen genauer zu verfolgen.

Das Ende eines Mycelfadens — so ist der häufigste der zu beschreibenden Fälle — schwillt in Folge bedeutender Anhäufung von Plasma zu einer Kugel, dem Oogonium, an, dessen Durchmesser den der Dicke des Mycelstranges etwa um das 3—5fache übertrifft; wobei allerdings zu bemerken ist, dass die Oogonien sich stets nur dann

[1]) Pringsheim, Weitere Nachträge zur Morphologie und Systematik der *Saprolegnieen* in Jahrb. f. wiss. Bot. IX. pag. 228.

[2]) l. c. pag. 229.

bildeten, wenn eine reichliche Verzweigung der Fäden vorangegangen war, und dass die durch Verzweigung gebildeten Mycelfäden je nach dem Grade der Verzweigung wohl nur die Hälfte oder den dritten Theil der Dicke zeigen, wie die Hauptstränge. Sehr häufig tritt der Fall ein, dass sich zwei Oogonien hintereinander bilden (Fig. 16, 17, 18, 20), mitunter sogar so nahe an einander, dass sie sich direct berühren und gar keinen Zwischenraum lassen (Fig. 18), so dass es scheinen könnte, als sei nur ein Oogonium vorhanden, welches sich durch eine Scheidewand getheilt habe, so besonders in den Wurzelhaaren.

Nicht selten bildet sich das Oogonium auch an einem kurzen Nebenaste eines Mycelfadens (Fig. 8, 9, 12, 20); in diesem Falle findet man jedoch niemals zwei Oogonien hintereinander, und wird ein solches Oogonium auch nur seltener von einem Nebenaste des dasselbe tragenden Mycelfadens befruchtet, wie es Fig. 9 dargestellt ist; meist ist es ein von einem benachbarten Mycelfaden getragenes Antheridium, welches sich an ein solches Oogonium anlegt (Fig. 12).

Die Oogonien haben durchweg eine glatte, undurchlöcherte Membran.

Der Befruchtungsact selbst wird, wie bereits angedeutet, herbeigeführt durch das Heranwachsen eines zweiten Mycelfadens, welcher ebenfalls an seinem Ende etwas angeschwollen erscheint; es ist dies das Antheridium. Zunächst ist für *Pythium Equiseti* mit Hinweis auf das eben Gesagte zu bemerken, dass das Antheridium nicht immer einem Nebenaste des Oogoniums, an welches es sich anlegt, seinen Ursprung zu verdanken hat; das Antheridium bildet sich ebenso oft auch von benachbarten Myceliumfäden, welche ihrerseits durchaus nicht nothwendigerweise Nebenzweige irgend eines ein Oogonium tragenden Mycelstranges sein müssen (Fig. 11), obwohl andrerseits dieser Fall keineswegs ausgeschlossen ist (Fig. 8).

Auch die Zahl der an ein Oogonium sich anlegenden Antheridien ist nicht constant; meistens ist es nur ein Antheridium (Fig. 9, 11—17, 19), welches die Befruchtung bewirkt, in vielen Fällen werden jedoch auch zwei Antheridien (Fig. 8, 10, 18) beobachtet, äusserst selten aber mehr als zwei. Es stimmt also in dieser Hinsicht unser Pilz mit *Pythium monospermum* Pringsheim ziemlich genau überein[1]); auch bei *Pythium de Baryanum* treten nach den Mittheilungen Hesse's[2]) dieselben Modificationen ein, wenn es auch daselbst höchst selten beobachtet wurde, dass mehr als ein Antheridium sich an ein Oogonium anlegte.

[1]) Jahrb. f. wiss. Bot. I. pag. 298 ff.

[2]) l. c. pag. 24 ff.

Am häufigsten legt sich bei unserem Pilz das Antheridium mit seiner Spitze, also mit seiner schmalen Vorderfläche an das Oogonium an (Fig. 8, 9, 11, 12, 14—17, 19), in einer anderen nicht unbeträchtlichen Anzahl von Fällen wächst das Antheridium mit seiner Breitseite an (Fig. 8, 13), ebenfalls sehr oft endlich schlingt es sich um das Oogonium herum (Fig. 8, 9, 18), wobei alsdann die Verwachsung, und damit verbunden also das Austreiben des Schlauches entweder von der schmalen Vorderfläche oder von der Breitseite aus geschehen kann.

Diese Variabilität hinsichtlich des Anlegens des Antheridiums an das Oogonium musste um so mehr auffallen, als bei anderen *Saprolegnien* ähnliche Abweichungen nicht erwähnt sind; es gilt sogar für *Achlya polyandra* und *Achlya racemosa* als constantes Unterscheidungsmerkmal, dass bei letzterer das Antheridium nicht mit seiner Breitseite, sondern mit seiner schmalen Vorderfläche an das Oogonium anwächst, während es bei *Achlya* sich mit der ausgedehnten Breitseite an das Oogonium anlegt, und von dieser aus die schlauchartigen Fortsätze in dasselbe hineintreibt [1] [2]). Eine genaue Vergleichung der hierbei in Betracht kommenden Abbildungen ergab jedoch, dass das Antheridium von *Pythium monospermum* ähnliche Verschiedenheiten bezüglich seines Anwachsens an das Oogonium zeigen muss, wie unser Pilz. Aus den Pringsheim'schen Abbildungen (Fig. 3, 5, 6, 10, 12 auf Tafel XXI) [3]), ist es ersichtlich, dass das Antheridium nicht mit seiner Spitze, d. h. der schmalen Vorderfläche anwächst, sondern mit seiner Breitseite. Die Figur 5 zeigt dies besonders deutlich, an dieser ist das von der Breitseite ausgehende Austreiben des Fortsatzes deutlich erkennbar. Dagegen beweisen die Figuren 4, 7, 8, 9 und 11, dass das Antheridium auch mit seinem Ende, d. h. mit seiner Spitze an das Oogonium anwächst und von dieser aus den Fortsatz zu treiben im Stande ist. Ich vermuthe, dass Pringsheim dies absichtlich unerwähnt gelassen hat, denn er giebt andererseits an, dass die Antheridien niemals die Oogonien umwachsen [4]). Ich glaubte jedoch diesen Punkt nicht unerwähnt lassen zu dürfen, da auch aus der Darstellung und Abbildung, welche Hesse über die Entwickelungsgeschichte von *Pythium de Baryanum* giebt, hervorgeht, dass das Antheridium nur seitlich sich an das Oogonium

---

[1]) Cornu, Annales des scienc. nat. serie. V^e^. Bot. tome XV. pag. 30.
[2]) Jahrb. f. wiss. Bot. IX. pag. 206.
[3]) Jahrb. f. wiss. Bot. I.
[4]) l. c. pag. 299.

anlege. Andererseits aber findet auch bei *Saprolegnia de Baryi* nach Walz betreff dieses Vorganges etwas ganz Aehnliches statt, wie bei *Pythium monospermum,* wie die Figuren 3 bis 5 (Tafel IX. der Bot. Ztg. 1870) deutlich zeigen; obgleich Walz in der Beschreibung der Entwickelungsgeschichte von *Saprolegnia Baryi* diesen Punkt ebenfalls übergeht[1]). Jedoch auch diese Abbildungen zeigen nichts davon, dass das Antheridium sich um das Oogonium herumlege, in der Weise, wie ich es bei *Pythium Equiseti* wiederholt beobachtet habe (Fig. 8, 9, 18), und es scheint allerdings, als ob unser Pilz einer der in dieser Hinsicht variabelsten aus der ganzen Familie der *Saprolegnien* sei.

Mit dem Anlegen des Antheridiums an das Oogonium — diesem Actus geht in der Regel eine Abgrenzung des Antheridiums von dem es tragenden Mycelfaden voraus — wird in den meisten Fällen zugleich das Verwachsen der beiden Sexualorgane angezeigt, welches nur dann nicht sofort eintritt, wenn das Antheridium das Oogonium umschlingt und gewissermassen bei dieser Gelegenheit sich erst die passende Stelle für die Verwachsung aussucht, um an derselben später seinen Befruchtungsschlauch treiben zu können. Das Verwachsen des Antheridiums mit dem Oogonium geschieht übrigens in so inniger Weise, dass man nicht im Stande ist, durch irgend welche äusserliche Mittel ein Lostrennen desselben von dem Oogonium zu bewirken; auch wenn es nur mit seinem vorderen Ende dem Oogonium angewachsen ist.

Was nun den Befruchtungsactus selbst anlangt, so habe ich denselben, da in ihm der kritischeste Punkt der ganzen Untersuchung erkannt wurde, zu wiederholten Malen zu beobachten nicht verabsäumt. Sobald das Antheridium sich an das straff mit Inhalt erfüllte

---

[1]) Ich kann nicht unterlassen, zu betonen, wie sehr die Abbildungen, welche Walz von *Saprolegnia de Baryi* giebt, auch mit dem übereinstimmen, was ich bei *Pythium Equiseti* gesehen habe. Die Grösse der Oospore, die eigenthümliche Gestalt der Antheridien u. s. w.; alles dieses leitet unwillkührlich zu der Vermuthung hin, dass hier eine Identität herrsche, welche sich vielleicht auch auf *Pythium monospermum* Pringsh. erstreckt. Den Gedanken der etwa möglichen Identität hat übrigens Walz selbst schon ausgesprochen, andererseits jedoch hervorgehoben, dass das Hervortreten der Zoosporen aus dem Sporangium einzeln geschehe und somit die generische Verschiedenheit bedinge. Ich glaube, dass im Augenblick die Frage über die Systematik der *Saprolegnieen* noch wenig spruchreif ist, ich beschränke mich daher an dieser Stelle darauf, hinzuweisen, dass die Modification im Austreten der Zoosporangien, wie sie bei *Pythium* und *Saprolegnia* sich zeigt, wohl bei weiteren Untersuchungen noch mehr Uebergänge aufweisen dürfte, und also nicht mehr bestimmend sein kann für Gattungscharaktere. Ich verweise hierfür auf Pringsheim's Mittheilungen in den Jahrbüchern für wiss. Bot. IX. pag. 229. Anm.

Oogonium anlegte, war es deutlich zu sehen, dass der Inhalt des Oogoniums sich zusammenzog. Man ist also wohl zu dem Schlusse berechtigt, dass das erste Ergebniss der Befruchtung die Contraction des Oogoniuminhaltes, also die Bildung der Oosphaere sei. Und in der That stimmen auch fast alle Beobachter in diesem Punkte überein. In neuester Zeit ist jedoch von Lohde[1]) bei einer in jungen Lepidien schmarotzenden *Saprolegniee,* welche er *Lucidium pythioides* benannt, eine nicht geringe Abweichung von dem oben dargestellten Vorgange beobachtet worden. Dieselbe besteht darin, dass die Befruchtung nur dadurch erfolgt, dass das Antheridium mit seinem schnabelförmigen Ende in das Oogonium eindringt; erst wenn dies geschehen, zieht der Inhalt des letzteren sich von der Wandung zurück. In ähnlicher Weise findet der Befruchtungsvorgang bei *Pythium monospermum* statt[2]), nur geschieht bei diesem das Eindringen des Antheridiums und die Contraction des Oogonium-Inhalts gleichzeitig. In den anderen bisher beobachteten Fällen trieb das Antheridium einen Fortsatz in das Innere des Oogoniums erst, nachdem der Inhalt des Oogoniums von der Wandung sich zurückgezogen hatte.

Zugleich mit der Contrahirung des Oogonium-Inhaltes zeigte auch das Antheridium alsdann eine bedeutende Veränderung in seinem Inneren; die ausserordentlich körnchenreiche und schleimige Inhaltsmasse, welche dasselbe bei seinem Anlegen an das Oogonium characterisirt hatte, war zu einem grossen Theile verschwunden und es traten nun stark lichtbrechende Oeltröpfchen auf. Das Antheridium war augenscheinlich inhaltsärmer geworden. Bei einiger Ausdauer konnte man übrigens schon vorher wahrnehmen, wie die Inhaltsmasse desselben nach der Berührungsstelle des Oogoniums sich hindrängte.

Da nun aber während dieses Vorganges durchaus keine Oeffnung in irgend einer der beiden Membranen, weder der des Antheridiums noch der des Oogoniums zu erkennen war, so könnte wohl die Annahme berechtigt erscheinen, dass hierbei zunächst ein diosmotischer Process stattfinden muss, durch welchen der schleimige und kleinkörnige Theil der Inhaltsmasse des Antheridiums in das Oogonium hineingelangt, und die Contraction des Inhaltes des letzteren bewirkt.

Eine ganz analoge Erscheinung (wenn dieselbe auch nicht die Sexualorgane betraf) hat Pfitzer bei *Ancylistes Closterii*[3]) beobachtet; es zeigte sich nämlich bei dem Heranwachsen des

---

[1]) Vergl. Tageblatt der 47. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte 1874. pag. 204.

[2]) Jahrb. f. wiss. Bot. I. pag. 299.

[3]) Monatsberichte der Kgl. Akad. d. Wissensch. z. Berlin 1872. pag. 388.

Schmarotzers an ein gesundes Closterium, dass noch bevor die Membran des letzteren durchbrochen war, Störungen im Inneren der befallenen Zelle stattfanden. Sobald nur die äusserste Spitze der Hyphe aus der gerundeten in eine stumpf konische Form überging, traten die grünen Platten des Closteriums von der Wand zurück und die Plasmaströmung wurde unregelmässig. Pfitzer neigt sich hierbei der Annahme zu, dass das Bohren selbst mittelst einer von dem Pilz ausgeschiedenen Substanz geschieht, die sich in verdünntem Zustande ins Innere verbreitet und auf das Plasma wirkt. Ein Theil der Inhaltsmasse dringt also auch hier schon durch die Membran der fremden Zelle hindurch, ehe die Durchbohrung selbst stattfindet, und enthält demnach die Bedingungen für diese. Und in der That wurde es auch von mir als constant beobachtet, dass eine Durchbohrung der Oogoniummembran nur dann stattfand, wenn die oben bereits erwähnte Veränderung in der Inhaltsmasse des Antheridiums vor sich gegangen war. Es ist jedoch für unseren Pilz noch besonders zu erwähnen, dass das Antheridium durchaus nicht immer einen röhrenartigen Fortsatz durch die Oogonienmembran hindurch trieb; wenigstens ebenso oft wuchs es direct in das Oogonium hinein (Fig. 14, 16), bis es auf die Befruchtungskugel traf, und so also das Austreiben eines Fortsatzes behufs des weiteren Befruchtungsprocesses überflüssig machte. Das Antheridium spitzte sich alsdann an seinem Ende etwas zu und liess, nachdem es die Oogoniumwand durchbohrt hatte, augenscheinlich eine runde Oeffnung erkennen, welche jedoch niemals einen grösseren Durchmesser zeigte, als in anderen Fällen der röhrenartige Fortsatz desselben. Dieser erschien ebenso, wie bei *Lucidium pythioides* Lohde[1]) gerade abgeschnitten und erreichte meistens mit seinem Ende die Oosphaere.

In dem oben erwähnten Falle wurde auch der Uebertritt des gesammten Inhaltes des Antheridiums in die Oosphaere verfolgt. Der hierbei stattfindende Vorgang ist ausserordentlich einfach und die Schwierigkeit der Beobachtung liegt nur in der grossen Langsamkeit, mit welcher der Inhalt des Antheridiums, der übrigens zum mindesten $\frac{2}{3}$ seiner Masse bereits durch den oben beschriebenen diosmotischen Process abgegeben hatte, hinüberwandert; es war eine Zeit von 2 bis 3 Stunden erforderlich für die vollständige Entleerung des Antheridiums. Meine Beobachtungen stimmen also in diesem Punkte im Wesentlichen überein mit denen, welche W. Zopf über ein in einer *Spirogyra* lebendes *Lagenidium* mitge-

[1]) l. c. pag. 204.

theilt hat[1]). Ich füge hier noch hinzu, dass es mir nicht möglich war, mehrfache, wiederholte und der Zeit nach weit aus einander liegende, partielle Entleerungen zu constatiren, die je einem besonderen Befruchtungsact entsprechen und rasch erfolgen, wie es Pringsheim für die höheren Formen der *Saprolegnieen* angiebt. Es scheint vielmehr, als ob *Pythium Equiseti* gewissermassen einen Uebergang bildet, indem hier der Befruchtungsprocess sich zum Theil zu einem reinen Copulationsacte hinneigt, und also die in dieser Beziehung weit abweichenden höheren Formen mit *Lagenidium* vereinigt. Spermatozoïden oder Saamenkörperchen waren trotz der genauesten Beobachtung auch bei Anwendung der stärksten Immersionssysteme nicht zu erkennen, und muss also ihre Anwesenheit auf das Bestimmteste negirt werden.

Die neuesten Ergebnisse der Untersuchungen von Pringsheim[2]), W. Zopf[3]), G. Lohde[4]), Hesse[5]) stimmen aber sämmtlich in diesem Punkt so genau mit den meinigen überein, dass man wohl mit Recht nunmehr die Behauptung wagen darf, dass die Befruch-

---

1) Sitzungsberichte des bot. Vereins der Prov. Brandenburg vom 28. August 1874. pag. 124. Herr W. Zopf war so freundlich, mir seine diesen Punkt betreffenden Handzeichnungen und genaueren Notizen zu übergeben.

2) Jahrbücher f. wiss. Bot. IX.

3) l. c. pag. 125.

4) l. c. pag. 204.

5) l. c. pag. 26. Hesse sagt daselbst: „Von jenen lebhaft sich bewegenden, kleinen Körperchen (Spermatozoïden), welche Prof. Pringsheim in den männlichen Organen etlicher *Saprolegnien*species beobachtet zu haben behauptet, ist keine Spur zu sehen." Diese Zeilen nöthigen mich zu einigen Bemerkungen. Hätte Hesse die neueste Abhandlung Pringsheim's, welche fast ein ganzes Jahr früher erschienen ist, oder wenigstens das Referat derselben in der botanischen Zeitung (1874. No. 1. pag. 14) berücksichtigt, so würde er gefunden haben, dass Pringsheim den Befruchtungsact bei den höheren *Saprolegnieen* (wozu er nach pag. 230 Anm., auch die Gattung *Pythium* rechnet) in einer Weise darstellt, durch welche die Annahme von wirklichen Spermatozoïden ausgeschlossen wird. Hesse hätte betr. der Frage über die Existenz der Samenkörper bei dieser Familie vielmehr Reinke (Archiv f. mikr. Anat., Bd. 5, pag. 188 ff.) und Walz (Botanische Zeitung 1870, pag. 544) angreifen müssen, welche noch in der neueren Zeit mit Entschiedenheit die Anwesenheit von Samenkörpern behauptet haben; er erwähnt aber dieser Arbeiten in keiner Weise. Noch auffallender jedoch ist es, dass Hesse die umfangreichen Arbeiten Cornu's, des Monographen der *Saprolegnieen*, vollständig ignorirt; ebenso wenig erwähnt er der Hildebrand'schen Abhandlung (Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. VIII.), obgleich in derselben die ersten Zweifel an der Existenz von Spermatozoïden bei den *Saprolegnieen* ausgesprochen worden sind.

tung bei den *Saprolegnieen* ohne Spermatozoïden oder Samenkörperchen geschehe. Ich füge hierbei noch hinzu, dass man zuweilen allerdings bewegliche, tanzende Körperchen in der Antheridienzelle bemerken kann; dieselben sind jedoch nur in solchen Antheridien wahrzunehmen, welche ihre Befruchtungsthätigkeit bereits beendigt haben, und erweisen sich bei genauerer Untersuchung unzweifelhaft als Oeltröpfchen, welche in dem Antheridium zurückgeblieben sind; ihre Bewegung ist die Folge molecularer Thätigkeit. Besonders häufig tritt diese Erscheinung auf, wenn zwei Antheridien sich an ein Oogonium anlegen, ein Vorgang, der jedoch niemals ganz gleichzeitig stattfindet. Das Antheridium an_1 in Figur 10 ist hier zuerst an das Oogonium angewachsen, und hat seinen sämmtlichen Inhalt, soweit es durch Diosmose möglich war, an das Oogonium abgegeben. Das zweite Antheridium an_2 vollzieht nun den weiteren Befruchtungsactus, der bei dem Auftreten nur eines Antheridiums in normaler Weise durch das Austreiben eines Befruchtungsschlauches eingeleitet worden wäre; es wird also dadurch die Bildung eines solchen unnöthig gemacht. Die unmittelbare Folge davon ist die, dass dieses erste Antheridium an_1 abzusterben beginnt und die moleculare Bewegung der in demselben enthaltenen Oeltröpfchen erklärt sich also hinreichend.

Es bleiben demnach bezüglich des Antheridiums von *Pythium Equiseti* noch zwei Fragen zu beantworten:

1) Oeffnet sich der Fortsatz des Antheridiums, und

2) dringt der Fortsatz des Antheridiums in die Oosphaere ein?

Betreffs der ersten Frage liegen neuerdings Untersuchungen über *Pythium de Baryanum* [1]) vor, aus welchen allerdings hervorzugehen scheint, dass bei dieser Species ein den *Peronosporeen* ganz ähnlicher Vorgang stattfinden muss; es ist daher auch die Bezeichnung „Antheridium“ in die „Pollinodium“ umgewandelt worden. Leider ist diese Mittheilung nicht vollständig genug, um daraus weitere Schlüsse ziehen zu können; man findet in derselben nichts darüber erwähnt, wie weit der Inhalt des Antheridiums eine Veränderung erleidet, und besonders nicht, ob nach beendigter Befruchtungsthätigkeit noch weitere Inhaltsmassen in dem Antheridium zu bemerken waren, wie es bei den *Peronosporeen* thatsächlich der Fall ist. Es wäre dies sicher ein sehr wichtiger Factor für die richtige Beurtheilung und Auffassung des Befruchtungsvorganges. Dem gegen-

[1]) l. c. pag. 26 ff.

über steht gewissermassen die Ansicht Pringsheim's, welcher annimmt, dass die Antheridien-Schläuche der höheren Formen der *Saprolegnieen* sich an ihrer Spitze wirklich öffnen, und dies auch für einen ganz bestimmten Fall nachweist[1]).

Bei *Pythium Equiseti* erscheint der Fortsatz des Antheridiums (Fig. 15, 17, 19), oder wo dieser fehlt (Fig. 14, 16), das Antheridium gerade abgeschnitten. Es war mir jedoch nicht möglich, mit Sicherheit eine wirkliche Oeffnung zu constatiren, obwohl mehrere Präparate (vergl. Fig. 15 und 16) dies sehr wahrscheinlich machten. Zur Klärung des Sachverhaltes dient hier eine Beobachtung, die, wie oben bereits angegeben, wiederholt gemacht worden ist; ich meine das Zurückbleiben von Oeltröpfchen in einer Antheridienzelle, welche die Oogonienmembran nicht durchbohrt hat. Es muss dies um so mehr auffallen, als in denjenigen Antheridien, welche einen Fortsatz getrieben, oder die Oogoniummembran selbst durchbohrt hatten, niemals Theilchen des Inhaltes zurückgeblieben waren, obwohl auch in solchen vor der Entleerung grobkörnigere Inhaltsmassen und grössere Oeltröpfchen sichtbar waren. Dieselben drängten sich nebst der anderen Inhaltsmasse nach dem Ausgangspunkte zu und entzogen sich durch den Uebertritt in die Oosphaere gänzlich der Beobachtung. Diese Erscheinung deutet darauf hin, dass in dem ersten Falle der grobkörnigere Theil des Inhaltes nur deswegen nicht übertrat, weil zunächst ein rein diosmotischer Process stattfand; später aber, nach Resorbirung der Membran, konnten diese Massen auf dem copulativen Wege in die Oosphaere eintreten. Die Resorbtion der Membran ist nur als eine Erscheinung aufzufassen, welche mit den meisten Copulationsvorgängen verbunden ist.

Die zweite Frage, ob der Antheridienfortsatz wirklich in die Oosphaere eindringe, bot geringere Schwierigkeiten dar. Aus einer genauen Betrachtung der Figuren 15, 17 und 19 erhellt es, dass der Antheridienfortsatz keineswegs in die Oosphaere eindringt. In den Wurzelhaaren kommt der Fall sehr häufig vor, dass das Antheridium gar nicht bis an die Oosphaere heranreicht (Fig. 15), und doch erfolgt hier die Bildung und Entwickelung einer ganz normalen Oospore. Man könnte hierbei an Parthenogenesis denken, indessen erweisen weitere Fälle, wie die Figuren 17 und 19 zeigen, dass in der That keine Durchbohrung der Oosporenmembran stattfindet. In Figur 17 sieht man dies besonders deutlich; das Episporium hat sich hier deutlich abgeschieden, zwischen diesem und dem Endo-

[1]) Jahrb. f. wiss. Bot. IX. 214.

sporium hat sich in Folge weiterer Contrahirung des körnigen Inhaltes der Oospore eine wässrige, durchsichtige Masse gelagert, welche deutlich erkennen lässt, dass das Antheridium nicht das Episporium durchbohrt hat. In Fig. 19 endlich sehen wir ein Antheridium, dessen sehr langer Fortsatz ebenfalls nicht in die Oospore hineingedrungen ist; derselbe ist vielmehr an der Oospore vorbeigewachsen und berührt diese nur, etwa wie eine Tangente den Kreis. Durch Drehung des Präparates wurde jeder hierbei noch obwaltende Zweifel beseitigt. Es ist dies ein Fall, wo man zuerst wohl glauben konnte, dass eine Durchbohrung der Oosporenmembran stattgefunden habe; überhaupt ergab es sich stets, dass, wo der Antheridienfortsatz scheinbar in die Oosphaere einzudringen schien, bereits ein einfaches Verschieben des Deckglases ausreichte, um nachzuweisen, dass der Antheridienfortsatz die Oospore nur tangire.

Die Oogonien, welche, wie bereits auseinandergesetzt worden ist, vollständig glatt und undurchlöchert sind, lassen als ersten Act der Befruchtung eine Zusammenziehung ihres Inhaltes erkennen. Die Inhaltsmasse der Oogonien weicht hierbei zunächst von der Wandung zurück an der Stelle, wo das Antheridium sich angelegt hat. Die weitere Contrahirung geht sehr schnell vor sich und ist im Laufe von 20—30 Minuten vollendet. Die Inhaltsmassen ziehen sich ganz und gar von der Oogoniummembran zurück, indem sie sich zu mehr oder weniger unregelmässigen Klumpen zusammenballen (Fig. 11) und gehen erst sehr allmählich in die Gestalt einer meist regelmässigen Kugel, der Oosphaere über (Fig. 12 und 13). Niemals konnte an dieser ein heller Fleck wahrgenommen werden.

Nach der darauf erst erfolgenden Durchbohrung des Oogoniums durch das Antheridium verändert sich auch die Oosphaere und wird durch die Abscheidung einer deutlichen Membran zur Oospore. Bei dem nun eintretenden Reifungsprocess findet eine Differenzirung der Membran statt, und ist diese zum Theil anzusehen als eine Folge weiterer Contrahirung der körnigen Inhaltsmasse der Oospore, verbunden mit der Ausscheidung einer dünnflüssigen Masse, welche zur Bildung des Endosporiums dient (Fig. 17). In der Nähe des Centrums tritt endlich eine Vacuole auf, ein Zeichen der vollständigen Reife der Oospore; eine Färbung der Membran findet nie statt. Das Antheridium ist auch an der reifen Oospore lange Zeit deutlich zu erkennen; es verschwindet erst, wenn die Oogoniumwand durch die keimende Oospore an mehreren Stellen durchbohrt wird und der Resorbtion unterliegt. Bei dem ausserordentlich häufig vorkommenden Falle, dass zwei Oogonium hintereinander an demselben Mycelfaden

sich bildeten, sei bemerkt, dass dieselben niemals gleichartig und gleichzeitig die Oospore entwickelten (Fig. 16 und 17). Es stimmt diese Beobachtung mit der von Roze und Cornu gegebenen Mittheilung über die Ausbildung zweier zusammenhängender Oogonien von *Cystosiphon Pythioides*[1]) genau überein. Leider liess sich nicht genau feststellen, welches der beiden an einem Mycelfaden sich befindenden Oogonien zuerst befruchtet wurde; ob das dem Ende des Mycelfadens näher, oder das demselben entfernter gelegene. Der die beiden Oogonien tragende Mycelfaden war stets bei dem Anwachsen eines Antheridiums bereits verschwunden, seine gesammte Inhaltsmasse war für die Bildung der Oogonien verbraucht worden: es blieben nur noch die Stellen erkennbar, an welchen das Oogonium von dem Mycelfaden getragen worden war.

In der Zeit, in welcher die Oosporenbildung seltener zu werden beginnt, treten einige Erscheinungen auf, welche offenbar hiermit in Causalnexus stehen. Die Anschwellungen der Mycelfäden, welche nicht am Ende derselben auftreten (Fig. 7 und 25), werden häufiger, und somit für die Weiterentwickelung des Pilzes von Wichtigkeit.

Die Inhaltsmasse eines Mycelfadens, welche früher zur Bildung des Oogoniums mehr oder weniger vollständig verwendet wurde, drängt sich nun in diese Anschwellungen hinein. Der Faden septirt sich hierbei (Fig. 25) ganz in analoger Weise, wie Pfitzer es bei *Ancylistes*[2]) beschreibt, und giebt schliesslich sein Plasma an die durch die Anschwellung entstandene Zelle ab, welche sich nun auch durch Scheidewände abtrennt; es findet also scheinbar eine doppelte und entgegengesetzte Plasma-Strömung in dem Mycelfaden statt, indem dieselbe stets die Richtung nach der Anschwellung hin innehält. Allmählich lösen sich nun die ihres Inhaltes beraubten Mycelfäden gänzlich auf, und es bleiben die auf die eben beschriebene Weise gebildeten, reich mit Plasma erfüllten Zellen allein zurück; es sind dies dieselben Organe, welche Hesse mit Zwischen- oder Gliederzellen bezeichnet[3]), und unter die Kategorie der Conidien bringt. Da ich mit Sicherheit eine directe Keimung derselben nicht gesehen habe, andrerseits aber einige Beobachtungen darauf hinweisen, dass hier eine Unterdrückung der Zoosporenentwickelung vorliege, dass also diese Organe mit den Dauersporangien Pringsheim's zu identifiziren seien[4]), so muss ich die Frage über die Natur dieser Organe als eine für *Pythium Equiseti* noch offene betrachten.

---

[1]) Annales des Scienc. nat. 5e Série. Bot. Tom. II.
[2]) l. c. pag. 385. [3]) l. c. pag. 30. [4]) l. c. pag. 226.

Während sich also ergab, dass die Schwärmsporenbildung gegen Ende des Mai, die Entwickelung der Oosporen Mitte Juni aufhörte, und dass mit dem selteneren Auftreten der letzteren die eben beschriebenen Dauersporangien sich zeigten, so erreichte damit jedoch die Lebensthätigkeit des Pilzes keineswegs ein Ende; vielmehr liess er jetzt eine bedeutende vegetative Entwickelung bemerken, welche sich besonders darin kennzeichnete, dass Abschnürungen einzelner Fadenstücke nun sehr häufig wurden. Sehr oft zeigte der Faden auch die frühere Neigung zur kugeligen Anschwellung (Fig. 26); in diesem Falle schnürten sich jedoch diese kugeligen Anschwellungen entweder gänzlich los, oder sie wuchsen an dem entgegengesetzten Ende fadenförmig aus, sich erst nachher vom Mutterfaden loslösend.

Alle diese verschiedenen Entwickelungsstadien schliessen sich aber, mit Ausnahme des Stadiums der Schwärmsporenentwickelung, der Zeit nach nicht gegenseitig aus; es ist daher nicht selten, dass je zwei dieser Stadien in einem und demselben Präparat beobachtet werden.

Zum Schlusse stelle ich die hauptsächlichsten Ergebnisse der mitgetheilten Untersuchungen im Nachfolgenden kurz zusammen:

I. Die behufs entwickelungsgeschichtlicher Untersuchungen vorgenommenen Aussaaten von Sporen des *Equisetum arvense* gediehen Anfangs sehr gut; nach Verlauf von 2 bis 3 Wochen jedoch zeigten die Prothallien eine auffallende Neigung, sich der Oberfläche des Substrates anzulegen. Die Untersuchung erwies, dass ein Pilzmycelium in die Wurzelhaare eingedrungen sei, welches sich auch in die chlorophyllreichen Theile des Prothalliums verbreitete.

Die in Wasser gebrachten, erkrankten Vorkeime liessen ein bedeutendes Wachsthum der Mycelfäden erkennen, durchbohrten sehr bald die Zellwände der Nährpflanze und verzweigten sich weit im Wasser.

Durch Versuche wurde dargethan, dass gesunde Vorkeime, mit erkrankten zusammengebracht, stets von diesen inficirt wurden, und dass auch diese für andere noch gesunde Vorkeime dieselbe Inficirungskraft besassen. Es wurden bei diesen Versuchen die Vorkeimzellen ebenso wie die Wurzelhaare befallen, woraus sich ergab, dass die letzteren nicht besondere, für die Entwickelung des Pilzes günstige Bedingungen lieferten. Mit Rücksicht auf die Thatsache, dass zunächst nur die auf Sand cultivirten Prothallien die Erkrankungserscheinungen zeigten, wurde es vielmehr unzweifelhaft, dass nur von dem Substrat die Inficirung ausgegangen sein konnte, und dass die Wurzelhaare nur deswegen

zuerst betroffen worden waren, weil sie dem Inficirungsherde örtlich am nächsten gelegen waren. Der Pilz wurde mit Bezugnahme auf seine Nährpflanze und die der Gattung *Pythium* charakteristische Schwärmsporenbildung mit *Pythium Equiseti* bezeichnet.

II. Die Sexualorgane, Oogonien und Antheridien, treten sehr häufig auf, besonders nach Beendigung der Schwärmsporenbildung. Das Antheridium wächst auf die verschiedenste Art und Weise an das Oogonium an, entweder mit der Spitze oder mit der Breitseite, oder endlich dadurch, dass es das Oogonium umschlingt, wobei ebenfalls die beiden eben erwähnten Modalitäten eintreten können.

III. Der Befruchtungsact ist ein zweifacher, ein diosmotischer und ein copulativer. Die dünnflüssige Inhaltsmasse des Antheridiums tritt vermittelst eines diosmotischen Processes in das Oogonium ein und bewirkt die Contrahirung des Inhaltes desselben, und somit also auch die Bildung der Oosphaere. Erst nachdem dies geschehen, durchbohrt das Antheridium die Membran des Oogoniums und dringt in dasselbe ein, bis an die Oosphaere heran, indem es, sich an seiner Spitze öffnend, nun auch seine dickflüssigere und mit grösseren Körnchen erfüllte Inhaltsmasse abgiebt. Letzterer Vorgang ist also ein copulativer. Die Oosphaere scheidet alsdann eine Membran ab und wird zur Oospore. Bei dem nun eintretenden Reifungsprocess findet eine Differenzirung der Oosporenmembran statt; es bildet sich ein Episporium und Endosporium, und als endliches Zeichen der Reife tritt in der Nähe des Centrums eine Vacuole auf. Niemals wurde nach vollendetem Befruchtungsprocesse in dem Antheridium noch etwas von der Inhaltsmasse aufgefunden; dieselbe wurde stets vollständig für die Befruchtung verbraucht. Spermatozoïden und Samenkörper sind nicht vorhanden.

IV. Das Antheridium dringt nicht — wie Cornu glaubt — mit seinem Fortsatze in die Befruchtungskugel ein, sondern wächst nur bis an dieselbe heran.

V. Sehr häufig bilden sich zwei Oogonien hintereinander an einem Faden; beide werden in normaler Weise befruchtet, entwickeln sich jedoch nicht vollkommen gleichzeitig. Das häufige Auftreten zweier in dieser Weise verbundener Oogonien kann fast als specifisches Merkmal für unseren Pilz angesehen werden.

VI. Nach Beendigung der Oosporenbildung ist eine bedeutende vegetative Entwickelung der Mycelfäden zu bemerken. Es werden alsdann Abschnürungen einzelner Fadenstücke sehr häufig. Auch zeigt der Faden noch die frühere Neigung zur kugeligen Anschwellung, welche jedoch nicht mit einer Oogonienausbildung endet,

sondern es schnüren sich diese kugeligen Anschwellungen entweder gänzlich los, oder sie wachsen an dem entgegengesetzten Ende fadenförmig aus, sich erst nachher vom Mutterfaden loslösend.

Eine Systematik der Gattung *Pythium* unterlasse ich, hier zu geben, einestheils, weil Jeder, der sich eingehender mit derselben beschäftigt, bei der geringen Anzahl der Arten sehr leicht die specifische Natur unseres Pilzes beurtheilen wird, anderntheils aber, weil die verschiedenen Species dieser Gattung zu ungleich bekannt sind, als dass sie zu einer Einreihung in ein System berechtigen könnten.

Berlin, Januar 1875.

Figuren-Erklärung.

Tafel III und IV.

Vergrösserung bei Fig. 1, 4 und 5 = 390, bei Fig. 3 und 19 = 810, bei allen übrigen Figuren = 605.

Fig. 1. Endzelle eines etwa 3 Wochen alten Prothalliums von *Equisetum arvense*, mit Mycelfäden.

Fig. 2. Zelle eines ebenso alten Prothalliums von *Equisetum arvense*, mit Mycelfäden angefüllt, dieselben haben bei a, b und c eben die Zellwand durchbrochen und zeigen noch deutlich die mit diesem Vorgange stets verbundene bedeutende Verminderung der Dickendimension.

Fig. 3. Theil eines Wurzelhaares von *Equisetum arvense*, dieselbe Erscheinung wie bei Figur 2 darstellend.

Fig. 4, 5, 6. Mycelfäden; an ihren Enden zum Theil kugelartige Erweiterungen, Oogoniumanlagen zeigend. Bei Figur 4 und 6 frei im Wasser, bei Figur 5 in einem Wurzelhaar.

Fig. 7. Mycelfaden mit Anschwellung, welche nicht am Ende desselben gelegen ist.

Fig. 8. Antheridien, an Oogonien anwachsend, theils mit der Spitze, bei b, theils das Oogonium umschlingend, bei a. — Fig. 8^a. Ein Antheridium, welches ein Oogonium umschlang, von demselben losgetrennt.

Fig. 9—19. Den Befruchtungsprocess in seinen verschiedenen Phasen darstellend.

Fig. 9. Das Antheridium hat das Oogonium umschlungen und wächst mit der Spitze an.

Fig. 10. Zwei Antheridien, an_1 und an_2; Antheridium an_1 ist zuerst an das Oogonium angewachsen, und hat seinen Inhalt, soweit es durch Diosmose möglich war, an das Oogonium abgegeben;

m = Oeltröpfchen, welche sich in molecularer Bewegung befanden. Bei an_2 ein zweites Antheridium, dessen Inhalt deutlich ein Hindrängen nach dem Oogonium bemerken lässt; dasselbe vollzieht die weitere Befruchtung und macht dadurch das Austreiben eines Fortsatzes des Antheridiums an_1 überflüssig.

Fig. 11 und 12. Die mehr oder weniger unregelmässig contrahirte Inhaltsmässe (c. i.) zeigt als solche das erste Ergebniss der Befruchtung.

Fig. 13. Das Antheridium treibt einen seitlichen Fortsatz in das Oogonium, die Oosphaere ist vollständig gebildet, ein heller Fleck auf derselben ist nicht zu sehen.

Fig. 14. Die Oosphaere hat eine Membran abgeschieden und so die Oospore gebildet; das Antheridium hat die Oogoniummembran durchbohrt und ist mit seiner Spitze bis an die Oospore gelangt, es ist vollständig entleert. Der Träger des Antheridiums hat sich von demselben losgetrennt und löst sich allmählich auf. Das Antheridium bleibt fest in dem Oogonium haften und überdauert so auch den grössten Theil der Ruheperiode der Oospore.

Fig. 15. Derselbe Vorgang in einem Wurzelhaare. Die Oospore nimmt bei dem Bestreben, sich allseitig möglichst gleichartig zu erweitern, den Raum zwischen den beiden Wandungen des Wurzelhaares ganz und gar ein. Der wässrige Inhalt des Oogoniums, welcher sonst den Zwischenraum zwischen Oogonium und Oospore während und kurz nach der Bildung desselben zunächst ausfüllt, wird demnach von dort verdrängt und umgiebt die Oospore nnr noch zu zwei Seiten; das Oogonium erscheint daher an diesen beiden Seiten gleichsam angeschwollen. Das Antheridium, welches die Oogoniummembran durchbohrt hatte, reicht in Folge des grossen Zwischenraumes zwischen der letzteren und der Oospore mit seinem Fortsatz nicht bis an die letztere heran.

Fig. 16. Oogonien mit Oosporen in einer Vorkeimzelle. Die die Oogonien tragenden Mycelfäden sind bereits abgestorben; die Stellen, an welchen sie sich von den Oogonien losgelöst haben, sind noch deutlich erkennbar (x). Bei a ein einzelnes Oogonium mit der sonst sehr seltenen Neigung zur birnförmigen Gestalt; bei b zwei Oogonien nebeneinander, mit je einem Antheridium; die beiden Oogonien sind nicht gleichmässig ausgebildet. Das mit an_2 bezeichnete Antheridium lässt bei z augenscheinlich eine Oeffnung erkennen. Dieses Antheridium hat ebenso wie das bei Oogonium (a) und das in Figur 14 keinen Fortsatz getrieben, sondern ist direct in das Oogonium hineingewachsen.

Fig. 17. Zwei durch einen dünnen Faden noch zusammenhängende Oogonien mit Oosporen; in diesen je eine Vacuole (v), dadurch die völlige Reife der Oospore anzeigend. Die Antheridien noch sehr deutlich wahrnehmbar. Auch diese Oogonien nicht gleichmässig ausgebildet; die nahezu im Centrum der Inhaltsmasse der Oospore liegende Vacuole (v_1) ist grösser als v_2. Das Episporium hat sich deutlich abgeschieden, zwischen diesem und dem Endosporium hat sich in Folge der Contrahirung der körnigen Inhaltsmasse der Oospore eine wässrige, durchsichtige Masse gelagert, welche deutlich erkennen lässt, dass der Antheridienfortsatz nicht das Episporium durchbohrt hat.

Fig. 18. Zwei dicht an einander liegende Oogonien in einem Wurzelhaare. Die Antheridien x und y, welche mit der Spitze an das Oogonium gewachsen sind, haben ihren Inhalt vollständig abgegeben, ohne dass in einem der beiden Oogonien eine Wirkung bemerkt werden könnte; das Antheridium z ist im Begriff, das Oogonium zu umschlingen und ist noch vollständig mit seinem ganzen Inhalte erfüllt.

Fig. 19. Oogonium mit Oospore und Antheridien, stärker vergrössert (810). Der lange Fortsatz des Antheridiums hat sich nicht in die Oospore hineingebohrt, sondern tangential an dieselbe angelegt.

Fig. 20. Mehrere kugelige Anschwellungen an einem Mycelfaden.

Fig. 21 und 22. Schwärmsporenbildung.

Fig. 23 und 24. Unterdrückte Schwärmsporenbildung; bei Figur 23 tritt die ganze Plasmamasse eben aus dem Sporangium heraus, in Figur 24 ist dieselbe bereits herausgetreten und zeigt den ersten Keimschlauch.

Fig. 25. Dauersporangium (weiter entwickeltes Stadium der Figur 7); der zu beiden Seiten desselben (sp) deutlich septirte Faden verschwindet allmählich und lässt das Sporangium allein zurück.

Fig. 26. Vegetative Abschnürungen einzelner Fadenstücke, sowie auch der kugeligen Anschwellungen eines Mycelfadens.

Untersuchungen über Bacterien.

II.

Von

Dr. Ferdinand Cohn.

Mit Tafel V. und VI.

Seit der Veröffentlichung meiner Untersuchungen im zweiten Hefte dieser Beiträge ist die Literatur über Bacterien und die mit ihnen in Zusammenhang stehenden Fragen derart angeschwollen, dass ein vollständiger Ueberblick selbst dem Specialforscher kaum noch möglich ist. Dennoch lässt sich nicht behaupten, dass die mannigfachen Probleme, welche die Systematik und Physiologie dieser Organismen darbieten, zu endgiltiger Lösung gelangt seien; dankbar benutzen wir das immer reichlicher sich häufende und mehr und mehr sich abklärende Material, welches von Seiten der pathologischen Anatomie, nicht nur durch Erforschung der Gewebsveränderungen bei den an die Entwickelung von Bacterien geknüpften Infectionskrankheiten sondern auch durch sinnreiche Versuchsreihen, herbeigeschafft wird[1]); sobald es sich aber um das wissenschaftliche Verständniss der Fermentthätigkeiten der Bacterien handelt, fühlt nach wie vor der Biologe, der das Mikroskop als wichtigstes Handwerkszeug benutzt, unsicheren Boden unter seinen Füssen, und vermisst noch immer das zuverlässige Fundament, welches allein die physiologische Chemie mit der Wage in der Hand seinen Untersuchungen zu unterbreiten im Stande wäre.

---

[1]) Vergleiche hierüber die mit unparteiischer Kritik geschriebene Zusammenstellung von Dr. Birch Hirschfeld: Die neueren pathologisch-anatomischen Untersuchungen über Vorkommen und Bedeutung niederer Pilzformen (Bacterien) bei Infectionskrankheiten (Schmidt, Mediz. Jahrbücher CLXVI. p. 169 seq.).

Auch die Beobachtungen, von welchen ich in den nachstehenden Blättern Rechenschaft geben will, sind nur vereinzelte Beiträge, welche zu einer dereinstigen abschliessenden Bearbeitung einiges neue Material herbeischaffen sollen; ich vertheile dasselbe in zwei Abschnitte, von denen der erste die systematischen Verhältnisse behandelt und insbesondere einige noch wenig bekannte Organismen aus der Verwandtschaft der Bacterien beschreibt; im zweiten Abschnitt sollen vorzugsweise biologische Fragen besprochen werden.

I. Beiträge zur Systematik der Bacterien.

In meiner früheren Abhandlung war ich von der Ueberzeugung ausgegangen, dass die Bacterien eine natürliche Familie bilden, welche die niedersten aller pflanzlichen Organismen vereinigt und gewissermassen den Ausgangspunkt aller lebenden Wesen darstellt; die Bacterien zeigen zwar zu verschiedenen Typen höher organisirter Pflanzen engere oder entferntere Verwandtschaft, stellen jedoch eine in sich abgeschlossene und durchaus selbstständige Gruppe dar. Innerhalb dieses Familienverbandes glaubte ich eine grössere Zahl von Gattungen und Arten unterscheiden zu müssen, und obwohl ich mir nicht verhehlen konnte, dass es überaus schwierig sei, bei den Bacterien die Variationen, welche aus veränderter Ernährung oder andern Lebensbedingungen hervorgehen, von den angeborenen und constant sich vererbenden Charakteren zu unterscheiden, welche allein zur Begründung distincter Species berechtigen, so glaubte ich doch, die von mir aufgestellten systematischen Abtheilungen im Wesentlichen als natürliche ansprechen zu dürfen. Ich hielt mich selbst für berechtigt, wo an eine gewisse Bacterienform eigenthümliche physiologische Erscheinungen, insbesondere specifische Fermentwirkungen constant gebunden sind, dieselbe auch als eine selbstständige Species aufzufassen, selbst wenn ich unter dem Mikroskop keine äusseren Unterscheidungsmerkmale von andern Arten zu erkennen vermochte.

Dieser Gliederung der Bacterien in Gattungen und Arten wird von Denen die Berechtigung abgesprochen, welche in sämmtlichen Bacterien nur eine einzige Lebensform erblicken, die im Verlaufe ihrer Entwicklungsgeschichte, ganz besonders aber in Folge veränderter Lebensumstände sehr verschiedenartige Gestaltungen annehmen kann; die Uebergänge auch der abweichendsten Formen sollen sich nicht blos unter dem Mikroskop beobachten, sondern auch deren gemeinschaftliche Abstammung aus den nämlichen Keimen durch das Experiment in vielen Fällen direct verfolgen lassen.

Das weitaus bedeutendste Werk, welches diese Auffassung zu begründen sucht, ist im Jahre 1874 von Th. Billroth in prachtvoller Ausstattung veröffentlicht worden [1]). Nach Billroth gehören sämmtliche Bacterien zu einer einzigen Pflanzenart, „welche theils aus runden, theils aus stäbchenförmigen Gliedern, von verschiedener, innerhalb gewisser Grenzen sehr differenter Grösse zusammengesetzt ist; die ersteren werden als *Coccos,* die letzteren als *Bacteria* bezeichnet; doch gehen beide Formen wohl gelegentlich in einander über, obwohl sie bei ihrer Vegetation in sofern von einer gewissen Constanz sind, als eine Zeit lang *Coccos* durch Streckung und Querfurchung meist wieder *Coccos, Bacteria* auf gleiche Weise *Bacteria* erzeugt. Der Grösse nach kann man sowohl bei *Coccos* als bei *Bacteria* drei Stufen unterscheiden *(Micro-, Meso-* und *Megacoccus; Micro-, Meso- Megabacteria);* in der Regel überwiegt in jedem Stadium der Fäulniss eine Grössenform mit Entschiedenheit; auch kann zwar *Megacoccos* in *Micrococcos* zerfallen; aber nicht umgekehrt *Micrococcos* sich zu *Megacoccos* vergrössern; vielmehr erscheint letzterer von Anfang an in seiner normalen Grösse; ähnliches gilt von *Bacteria.* Gleichwohl dürfe man weder in den runden Formen eine besondere Gattung *(Micrococcus),* noch in den stäbchenförmigen ein anderes Genus (*Bacterium* Ehrenb.) erblicken, vielmehr seien beide nur Vegetationsformen einer und der nämlichen Art, für welche Billroth den neuen Namen *„Coccobacteria septica“* einführen will. Während der Vermehrung scheidet *Coccobacteria* eine schleimartige Hülle *(Glia)* aus; die Vermehrung erfolgt besonders an der Oberfläche von Flüssigkeiten, so dass dünne häutige Platten entstehen, welche, wenn von *Coccos* gebildet, *Petalococcus,* wenn von *Bacteria, Petalobacteria* genannt werden; bei *Coccos* findet solche Vermehrung auch bis in eine gewisse Tiefe in die Flüssigkeit hinein statt, wodurch die flockigen wolkigen Formen von *Gliacoccos* zu Stande kommen, für welche ich schon 20 Jahre früher die Bezeichnung *Zoogloea* eingeführt hatte. Auch soll sich *Coccos* stark vergrössern können; dann wird sein Inhalt durch immer fortschreitende Theilung wieder zu *Coccos,* und die Gliakapsel hüllt das Ganze als Schlauch ein; dies nennt Billroth *Ascococcus;* in gleicher Weise kann sich auch *Bacteria* zu *Ascococcus* umbilden.

---

[1]) Dr. Theodor Billroth, Untersuchungen über die Vegetationsformen von *Coccobacteria septica* und den Antheil, welchen sie an der Entstehung und Verbreitung der accidentellen Wundkrankheiten haben . . . . . Mit fünf Kupfertafeln und einem Holzschnitt. Berlin, Georg Reimer 1874. Fol.

Erfolgt endlich die Streckung mit Durchfurchung von *Coccos* oder von *Bacteria* nur in einer Richtung, und wird dieselbe entweder in Folge unvollkommener Durchfurchung oder durch die schlauchartige Gliahülle zusammengehalten, so entstehen Doppelkügelchen *(Diplococcos)* und Coccosketten (*Streptococcos* Billr.) auf der einen, Doppelstäbchen *(Diplobacteria)* und Bacterienketten (*Streptobacteria* Billr.) auf der andern Seite. Sowohl *Coccos* und *Streptococcus,* als *Bacteria* und *Streptobacteria* zeigen in gewissen Perioden ihrer Entwickelung, wenn sie nicht von zu viel Glia umhüllt und nicht zu gross sind, bald lebhafte, bald träge Bewegungen, gleich denen der *Oscillarien*, zu deren Familie auch *Coccobacteria* gehört" (Billroth l. c. p. 24).

Was Billroth *Streptococcus* nennt, hatte ich selbst als Torulaform von *Micrococcus* bezeichnet; seine *Streptobacteria* dagegen entspricht meiner Gattung *Bacillus* (resp. *Leptothrix* Hallier). Hiernach werden sämmtliche von mir aufgestellten *Bacteriaceen*gattungen und Arten mit Ausnahme von *Spirillum* und *Spirochaete,* über welche Billroth das Urtheil späteren Untersuchungen noch vorbehält, in die einzige polymorphe Species *Coccobacteria septica* zusammengeschmolzen.

Diese Darstellung hat insbesondere bei Medizinern und Pathologen vielfach um so lebhaftere Beistimmung gefunden, da sie zugleich als das Endresultat einer grossen Reihe mikroskopischer und experimenteller Beobachtungen, wie nicht minder einer ungewöhnlichen reichen klinischen Erfahrung auftritt, und einer selbstständigen Theorie der Wundkrankheiten und diphtheritischen Processe zur Basis dient. In der That ist in den wichtigen Untersuchungen von Anton Frisch[1]), E. Tiegel[2]) und anderen Forschern die Billroth'sche *Coccobacteria* adoptirt worden.

Nichts desto weniger glaube ich an der von mir bisher befolgten Methode festhalten zu müssen, Bacterien von verschiedener Gestaltung und verschiedener Fermentthätigkeit als verschiedene Arten und Gattungen so lange aus einander zu halten, als nicht der Beweis ihrer Identität mit voller Evidenz geführt ist. Denn ganz abgesehen von den Motiven, welche mich von vornherein zur Unter-

---

[1]) Prof. Anton Frisch, Experimentelle Studien über die Verbreitung der Fäulnissorganismen an den Geweben und die durch Impfung der Cornea mit pilzhaltigen Flüssigkeiten hervorgerufenen Entzündungsprocesse. Erlangen 1874.

[2]) Tiegel, Ueber *Coccobacteria* im gesunden Wirbelthierkörper. Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmacie I. 1. 1873.

scheidung distincter Species bei den Bacterien geführt, und die in neuerer Zeit noch wesentliche neue Unterstützung gewonnen haben, meine ich, dass es für die Fortentwickelung der Wissenschaft minder nachtheilig ist, wenn selbst allzuviele Formen, die schliesslich aus gemeinschaftlicher Quelle abgeleitet werden können, so lange und so weit als möglich aus einander gehalten werden, als wenn umgekehrt durch Zusammenwerfen verschiedenartiger Wesen auf deren specielle Erforschung von vorn herein verzichtet wird. Zwar habe ich mich, wie schon früher, auf selbstständige Untersuchungen der in pathologischen Zuständen des Menschen und der höheren Thiere auftretenden Bacterien nicht einlassen wollen, weil ich mich auf diesem schwierigen Gebiete besseren Forschern gegenüber nicht für stimmberechtigt erachten darf; ich glaube jedoch, dass die von mir festgehaltene Beschränkung auf die unter einfacheren Lebensbedingungen sich entwickelnden Ferment-Organismen so lange eine besondere Berechtigung hat, als es sich noch darum handelt, über die allgemeineren biologischen Verhältnisse derselben möglichst zuverlässige Thatsachen festzustellen; nur auf diesem Wege dürfen wir hoffen, dass auch für das bedeutungsvolle Auftreten der Bacterien in Infectionskrankheiten eine gesicherte Basis gewonnen werden kann. Dass ich in meine Untersuchungen, auch einige nicht unmittelbar zu den Bacterien gehörige Organismen aufgenommen habe, wird durch ihre verwandtschaftlichen Beziehungen gerechtfertigt erscheinen.

1. *Billroth über Ascococcus.* Wenn ich Billroth auf seinem Wege der Verschmelzung aller Bacterien ebenso wenig folgen kann als in seiner neuen Nomenklatur, da der Botaniker, zum Gehorsam gegen den alten Linné'schen Codex sammt den Novellen und Commentaren der internationalen *„Lois de la nomenclature botanique“* verpflichtet, sich von den Gesetzen der Priorität nicht emancipiren darf, deren Uebertretung dem genialen Chirurgen verziehen werden mag, so freut es mich doch, einem der neuen Namen das Bürgerrecht in der Wissenschaft zuweisen zu können, da derselbe einem von Billroth zuerst unterschiedenen und, wie ich meine, durchaus selbstständigen Organismus zukömmt.

Bei genauer Beobachtung der Bacterien-Decke, welche sich auf faulem Fleischwasser, Hydrocelenflüssigkeit u. s. w. bildet, bemerkte Billroth, dass sich in derselben gewisse graue und grau grünliche Figuren mit einiger Regelmässigkeit wiederholen; es sind rund conturirte, zusammenhängende kolbige und cylindrische Formen, bald mehr bald weniger deutlich. Die schwimmende Bacterien-Haut selbst ist erst äusserst fein mit concentrischen Kreisfiguren gezeichnet,

allmählich wird sie dick (ca. 0,5 mm.) und ziemlich fest und zeigt Faltungen, weil sie an den Rändern des Gefässes verhindert ist, sich der Fläche nach weiter auszudehnen; schliesslich sinkt sie zu Boden, und löst sich in einen locker cohärirenden flockigen Niederschlag auf.

Die Faltungen entstehen „durch eine ganz eigenthümliche Vegetationsform des *Coccos*," welche Billroth als *palmelloide* bezeichnet. Eingebettet in *„Coccoglia"* bildet sich *Ascococcus* in Gestalt von Kugeln oder Cylindern voll von *Micrococcos,* welcher in Klumpen oder Colonieen vereinigt, von einer besonders zähen Glia zusammengehalten wird; die Peripherie dieser Gallert zeigt sich auch bei stärksten Vergrösserungen zuweilen ziemlich scharf umgrenzt, ohne dass man im Stande wäre, eine Membran zu sehen, wenn auch die Anwesenheit eines, wenn auch unmessbar dünnen Schlauches um die *Micrococcos*colonie wahrscheinlich ist; in Rindfleischwasser mit Zucker dagegen erscheint die Membran zuweilen ausserordentlich dick.

Von diesem *Ascococcos* glaubt nun Billroth die Entwickelungsgeschichte in folgender Art ermittelt zu haben: Einzelne grössere *Coccos (Megacoccos)* werden durch Längsstreckung zu langen cylindrischen, gewundenen Schläuchen, in denen sich durch Querfurchung *Coccos*-Ketten, zuletzt unter wiederholten Furchungen nach verschiedenen Richtungen Klumpen sehr kleiner *(Micro) Coccos* entwickeln. Wenn die Schläuche einen gewissen Punkt der Ausbildung erreicht, sollen sie plötzlich an einer Seite aufspringen und ihren *Micrococcos* in colossalen Massen auswerfen; die leeren gefalteten Hüllen bleiben zurück, sind nun deutlich doppelt conturirt und selbst dem blossen Auge durch grünlich bräunliche Färbung zuweilen erkennbar (Billroth l. c. p. 12—14. Tab. III. 19—26).

Eine besondere Form des *Ascococcos,* die er als *A. parvus* unterscheidet, fand Billroth in Fleischwasser; es sind blasse, kernlosen Lymphkörperchen ähnliche, feinkörnige Kügelchen, welche bald mit Hilfe einer Wimper als contractile Myxomonaden umherschwärmen, bald sehr lange Fortsätze entwickeln und sich als Myxamoeben verhalten; Billroth hält es schliesslich für wahrscheinlich, dass dieser *A. parvus* die encystirte Spore eines Myxomyceten, vielleicht selbst des Lohepilzes *Aethalium septicum* sei; den *Micrococcos* im Innern des *A. parvus* betrachtet er demzufolge nicht für endogene, sondern für gefressene Kügelchen, ähnlich den Carminkörnchen (l. c. p. 15, 98—99. Tab. II. Fig. 16—18).

Aus obiger Darstellung geht hervor, dass Billroth unter dem Namen *Ascococcos* zwei verschiedene Dinge vereinigt hat. Was

A. parvus sei, lasse ich dahin gestellt; so viel leuchtet ein, dass er nicht zu den Bacterien gehört. Dagegen ist es mir gelungen den andern *Ascococcus* in einem eigenthümlichen Organismus wiederzufinden, den ich für eine neue Gattung und Art halte und nach dem ersten Entdecker als *Ascococcus*[1]) *Billrothii* beschreiben will.

2. *Untersuchung der Luft auf Bacterien etc.* Während es mir niemals glückte, in faulenden Flüssigkeiten eine dem Billroth'schen *Ascococcus* ähnliche Form zu beobachten, lernte ich eine solche im März 1874 in einem ganz eigenthümlichen Vorkommen kennen. Ich hatte mich im Winter dieses Jahres mit der Frage beschäftigt, ob in der Luft unter normalen Verhältnissen entwicklungsfähige Keime von Bacterien suspendirt seien. Die Pasteur'sche Methode, die in der Luft schwimmenden Körperchen in Schiessbaumwolle abzufiltriren, und dann in der Collodiumlösung nach Bacterienkeimen zu spähen, schien mir ebenso wenig Erfolg zu versprechen, als die Anwendung des Pouchet'schen Aëroscop's, welches die Luftstäubchen an einer mit Glycerin bestrichenen Glasplatte adhäriren lässt und die letztere dann unter dem Mikroskop durchsucht[2]). Denn ganz abgesehen davon, dass unter solchen ungünstigen optischen Verhältnissen sich ein sicheres Urtheil über Gegenwart oder Abwesenheit von Bacterien im Glycerin oder Collodium überhaupt schwerlich gewinnen lässt, so kommt dabei jedenfalls die Kardinalfrage nicht zur Entscheidung, ob die etwa in der Luft vorhandenen Bacterien sich noch vermehren und Fermentwirkungen äussern können, oder ob sie nicht durch Austrocknen ihre Keimfähigkeit vollständig verloren haben. Um in dieser Beziehung zu einem Resultate zu gelangen, hatte ich den Versuch gemacht, die Zimmerluft in einer Bacteriennährlösung zu waschen. Die von mir angewendete Methode ist folgende:

Mit Hilfe eines Aspirators wird Luft durch eine Reihe von Glascylindern hindurchgesaugt, welche mit je 20 gm. der von mir im zweiten Heft dieser Beiträge[3]) beschriebenen Normal-Flüssigkeit (eine 1% Lösung von saurem weinsaurem Ammoniak nebst den

---

[1]) Billroth schreibt *Ascococcos*, wie *Micrococcos* etc.; der Gebrauch sanctionirt jedoch nur die lateinischen Endungen selbst bei Namen griechischen Stammes. (*Lois de la nomenclature botanique Art. 66.*)

[2]) Vergleiche *Cunningham, Microscopic examination of air*, Calcutta 1874 und meine Rede über unsichtbare Feinde in der Luft, im Tageblatt der 47. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu Breslau am 24. September 1874 p. 138.

[3]) Untersuchungen über Bacterien p. 195.

erforderlichen Nährsalzen) beschickt sind. Als Aspirator benutzte ich zwei grosse Glasflaschen (Taf. V. Fig. 1), deren jede 10 Liter fasst und durch einen doppelt durchbohrten Kork luftdicht verschlossen ist; durch den Kork gehen ein Paar Glasröhren, welche aussen rechtwinklich gebogen, und von denen die eine nur ein wenig unter den Kork, die andere bis an den Boden der Flasche reicht. Werden nun die beiden Flaschen auf ungleiches Niveau gestellt, die höher stehende mit Wasser gefüllt, und die beiden längeren Glasröhren durch einen passenden Kautschukschlauch verbunden, so können dieselben als Heber benutzt werden, welcher das Wasser aus der höheren Flasche in die tiefere überleitet; wird nun das kürzere Glasrohr der oberen Flasche durch ein Stück Kautschukschlauch mit einem System von gläsernen Waschcylindern in Verbindung gebracht, so streicht die Luft, sobald der Apparat in Thätigkeit gesetzt ist, in rasch aufeinander folgenden Bläschen durch die Waschflüssigkeiten, wobei die Grösse und Geschwindigkeit der Luftblasen mit Hilfe eines durch eine Schraube stellbaren Quetschhahns, der an einem der Kautschukschläuche angebracht ist, nach Belieben regulirt werden kann. Sobald die untere Aspiratorflasche vollgelaufen, so wechselt sie den Platz mit der nunmehr entleerten oberen, und indem gleichzeitig die Kautschukverbindungen gewechselt werden, so kann der Apparat zur Luftwäsche mit geringer Mühe *in infinitum* in Gang erhalten werden, wobei zugleich das Volumen der aspirirten Luft ohne weiteres bestimmt wird, da, wie schon bemerkt, bei jedem Wechsel der Flaschen 10 Liter Luft gewaschen worden sind. Der Zweck dieser ganzen Einrichtung ist, die in der Luft schwimmenden fremden Körperchen nicht blos in der Waschflüssigkeit möglichst zurückzuhalten, sondern auch den lebensfähigen unter ihnen einen geeigneten Boden und genügende Nahrung darzubieten, um sich derart zu entwickeln und zu vermehren, dass ihre Anwesenheit oft schon mit blossem Auge, oder doch unter dem Mikroskop nicht übersehen werden kann, gleichzeitig auch die Unterscheidung der Arten, welche bei vereinzelten Keimen oder Sporen unmöglich ist, sich ohne Schwierigkeit ausführen lässt.

Selbstverständlich dürfen gewisse Vorsichtsmassregeln nicht vernachlässigt werden, wenn brauchbare Resultate gewonnen werden sollen. Insbesondere muss nicht nur die Nährflüssigkeit, sondern auch jeder der zu ihrer Aufnahme bestimmten Glascylinder, sammt den dazu gehörigen Glasröhren und Propfen vor dem Gebrauch längere Zeit im Wasserbade gekocht werden, um früher schon vorhandene Keime zu zerstören; Korke sind möglichst zu vermeiden,

da diese in ihren Spalten in der Regel Sporen beherbergen, welche durch den aspirirten Luftstrom hervorgelockt werden können; Kautschuk- oder Glasstöpsel sind an ihrer Stelle zu verwenden; schliesslich habe ich als Waschcylinder mir besondere Gläser anfertigen lassen, welche durch angeschmolzene Glasröhren in Verbindung gesetzt, und durch eingeschliffene Glasstöpsel verschlossen werden, wobei allerdings nach vorangegangenem Auskochen resp. Ausglühen jede nachträgliche Verunreinigung unmöglich scheint.

Der Quetschhahn ist so zu reguliren, dass die durchströmende Luft in möglichst kleinen und langsam auf einander folgenden Bläschen passirt; in der Regel wurden für die Wäsche von 10 Liter Luft 1—2 Stunden gebraucht. Die Erfahrung hat gezeigt, dass es selbst dann nicht gelingt, alle in der Luft suspendirten Körperchen mit Sicherheit in der Waschflüssigkeit zurückzuhalten; ein nicht bestimmbarer Theil derselben wird vielmehr durch die Luftblasen mitgerissen. Nichts desto weniger tritt in den benutzten Waschapparaten, nachdem eine gewisse Menge Luft hindurchgesaugt, nach und nach ein schmutziger oder weisser Absatz auf; in manchen Fällen trübt sich die Flüssigkeit; in allen Fällen zeigen sich an den Wänden und am Boden der Cylinder weisse Mycelflöckchen, welche sich rasch vergrössern und dann dem blossen Auge leicht erkennbar werden; die an der Oberfläche der Waschflüssigkeiten befindlichen Mycelien fructificiren in einiger Zeit, und lassen meist schon mit blossem Auge sich durch die Farbe ihrer Conidienträger bestimmen. Um die Entwickelung der aus der Luft ausgewaschenen Keime zu beschleunigen, wurden die Waschcylinder in der Regel, nachdem ein bestimmtes Volumen Luft ausgewaschen war, in den von mir in Heft II. p. 196 beschriebenen heizbaren Kasten gestellt, wobei in einer Temperatur von circa 30° C. oft schon am folgenden Tage die Vegetation der Keime gewissermassen getrieben wurde. Mitunter gab ich den Waschflüssigkeiten, welche die Luft hintereinander passiren musste, verschiedene Zusammensetzung, derart, dass z. B. in der ersten Flasche Pasteur'sche Lösung (mit Zucker), in den folgenden Bacterien-Normallösung (ohne Zucker) benutzt wurde.

Es ist an dieser Stelle nicht angebracht, einen ausführlichen Bericht über die Ergebnisse der Luftwäsche zu geben, welche ohnehin noch einer consequenteren Durchführung und vielfacher Variationen bedürfen, um allgemeine Schlussfolgerungen zu gestatten. ich bemerke nur, dass bei allen Versuchen ohne Ausnahme sich in der Flüssigkeit der hintereinander folgenden Waschcylinder Mycelflocken einfanden, die schon mit blossem Auge sich in *Aspergillus*

und *Penicillium* unterscheiden liessen, da das *Aspergillus*mycel locker fluthet, das *Penicillium*mycel dagegen halbkugelige dichte Polster bildet; *Mucor* entwickelte sich nur einmal. Da im Allgemeinen jede Mycelflocke aus einer einzigen Spore abstammt, so lässt sich nach einiger Zeit aus der Zahl dieser Flöckchen macroskopisch die Zahl der keimfähigen Sporen annähernd bestimmen, welche bei der von mir befolgten Methode aus der aspirirten Luft ausgewaschen werden. Bei einem Versuch, wo 340 Liter Luft durch die Waschflüssigkeiten aspirirt worden waren, zählte ich circa 35 Pilzräschen (genau lässt sich die Zahl nicht ermitteln); hiernach würde im Durchschnitt aus 10 Liter Luft eine keimfähige Schimmelpilzspore zurückbehalten werden; die Luft stammte aus dem Laboratorium des pflanzenphysiologischen Instituts, in welchem allerdings viel Pilzculturen veranstaltet werden, die aber sonst trocken und nicht ungewöhnlich verunreinigt scheint. Könnte man diese Zahl als eine der Normalzahl nahe kommende ansehen, so würde der Mensch im Laufe des Tages durch Einathmen etwa 1000 Schimmelsporen einschlucken, von denen offenbar die unendlich grösste Anzahl aus den Athemorganen wieder entfernt, oder doch in ihrer Entwickelung gehindert werden muss; denn wenn alle diese Sporen wirklich zur Keimung gelangen sollten, so müssten die Lungen und die Luftröhre in kurzer Zeit ebenso von Pilzmycel verstopft werden, wie dies in meinen Waschcylindern in der Temperatur des Heizkastens oft schon nach wenig Tagen einzutreten pflegt.

Die Trübungen und Absätze der Waschflüssigkeiten rührten grösstentheils von Hefezellen her, die sich reichlich auch in zuckerfreier Lösung vermehrten, jedoch in der Regel nur kuglige durch Sprossung meist paarweise zusammenhängende Zellen von 2—2,3 Mikrom. Durchmesser bildeten; seltener finden sich ovale kleinere Formen. Kohlensplitter färbten den Absatz meist schmutzig; Brand- und andere Pilzsporen fanden sich vereinzelt im Niederschlag.

In der Regel entwickelten sich in den Waschflüssigkeiten keine Bacterien; selbst bei einem Versuche, wo die durch den Apparat eingesaugte Luft vorher über eine Flasche streichen musste, welche mit einer durch unermessliche Bacterienentwickelung milchig gewordenen Nährlösung gefüllt war, liessen sich gleichwohl in den Waschflüssigkeiten Bacterien nicht nachweisen. Hieraus möchte ich jedoch noch nicht den Schluss ziehen, dass in der Luft entwicklungsfähige Bacterienkeime in der Regel nicht vorhanden sind, sondern nur, dass die letzteren, als unendlich leichte und vermuthlich von einer Gallerthülle umgebene Körperchen im Wasser nur

mit besonderer Schwierigkeit zurückgehalten, meist aber von den aufsteigenden Luftbläschen wieder fortgerissen werden, ohne benetzt zu sein, ähnlich wie dies etwa mit den Sporen von *Lycopodium* der Fall ist. (Vergl. Beiträge Heft II. p. 189.) Ich vermuthe, dass, gleichwie die Conidien von *Penicillium* und anderen Schimmelpilzen nur dann keimen, wenn sie mit Wasser durchtränkt und gequollen sind, so auch diejenigen Bacterienkeime allein zur Vermehrung gelangen, welche eine gewisse Menge Wasser imbibirt haben, was jedoch nur schwer gelingt, wenn sie aus dem Luftstaube niederfallen; leichter, wenn sie an verunreinigten Körperoberflächen haften und zugleich mit diesen benetzt werden.

Es stimmen daher obige Beobachtungen mit der zuerst von Burdon Sanderson mit aller Entschiedenheit betonten Thatsache, dass die Infection fäulnissfähiger Substanzen nicht durch die Luft, sondern nur durch Wasser, oder verunreinigte Oberflächen geschieht. In mehreren Versuchen habe ich übrigens Bacterienentwickelung in den als Waschflüssigkeit benutzten Nährlösungen, und zwar in solcher Menge beobachtet, dass dieselben nach einiger Zeit milchig wurden, und ich bin überzeugt, dass wenigstens in einigen dieser Versuche die Keime wirklich aus der aspirirten Luft ausgewaschen, nicht durch zufällige Vereinigung nachträglich eingeschleppt worden sind.

3. *Ascococcus Billrothii nov. gen. et spec.* Taf. V. Fig. 2. In einem dieser zur Luftwäsche benutzten Glascylinder hatte sich, nachdem 200 Liter Luft durchgesaugt worden waren, Anfang März 1874 nach 4 Tagen eine milchige Trübung durch *Bacterium Termo* und eine grünliche Oberschicht entwickelt; fünf Tage später, während welcher der Cylinder im Heizkasten bei circa 30° gestanden, hatte sich auf der Oberfläche der Nährlösung eine milchweisse, etwas gelbliche, dicke und zähe Haut gebildet, welche dem Rahm auf gekochter Milch vergleichbar war; beim Herausnehmen mit einem Glasstab zerfiel die Haut in käsige Flocken. Unter starken Objectiven zeigte sich, dass die Rahmhaut aus den dicht gehäuften Kügelchen eines farblosen *Micrococcus* zusammengesetzt war, *(Micrococcus Crepusculum,* Heft II. der Beiträge p. 160); in dieser feinkörnigen Masse befanden sich sehr zahlreiche Körperchen eingebettet, meist von kugeligem, seltner von ovalem Umriss, von sehr verschiedener Grösse, gruppenweise dicht aneinander gedrängt. (Taf. V. Fig. 2.) Bei sehr schwacher Vergrösserung zeigten diese Körperchen einen dunkelen Kern mit breitem klaren Hof, und ähnelten daher einem mikroskopischen Froschlaich; meist war ein grösseres von vielen kleineren umlagert (Fig. 3). Mit stärkeren Systemen unterscheiden wir an jedem Körperchen, ähnlich wie bei einem

Froschei, eine dicke, nach aussen scharf begrenzte, gallertartig-knorplige Hülle, welche einen ebenfalls farblosen, aber durch zahllose dicht gedrängte Körnchen trüb erscheinenden Einschluss rings umgiebt. Entweder enthält die Hülle nur einen Einschluss; oder es sind zwei, drei oder mehrere derselben von einer gemeinschaftlichen grösseren Hülle eingeschlossen (Fig. 4. 5). Die Gestalt der Einschlüsse ist ebenso mannigfaltig als ihre Grösse; kleinere erscheinen nahezu kugelig, grössere unregelmässig elliptisch; der Durchmesser der kugeligen schwankt zwischen 20—70 Mikrom.; in den elliptischen erreicht die längere Achse 120—160 Mikrom., während die Dicke des Gallerthofes 10—15 Mikrom. beträgt. Der letztere bildet eine knorplige Kapsel, welche selbst durch stärkeren Druck kaum zerquetscht werden kann, in Ammoniak sich nicht löst, und durch Jod sich nicht färbt. Den Einschluss dagegen, der sich durch Jod gelb färbt, betrachte ich als ein Aggregat ausserordentlich kleiner, dicht aneinander gelagerter Kugelbacterien, welche durch eine ungewöhnlich feste, spärlich entwickelte Intercellularsubstanz zu Zellfamilien verbunden, und von einer gemeinsamen, sehr dicken Knorpelhülle umgeben sind. In der Vereinigung dieser Merkmale erblicke ich den Charakter der neuen Gattung *Ascococcus*.

Die Zellfamilien bilden innerhalb ihrer Hülle Nester von sehr unregelmässiger Form, welche stets durch Falten in grössere und kleinere Lappen getheilt sind, und dadurch ein traubig knolliges Aussehen erhalten. Die grösseren Lappen sind wieder durch minder tiefe Einfaltungen in kleinere Läppchen gesondert. Die Entwickelungsgeschichte des *Ascococcus*, soweit ich dieselbe durch Vergleichung verschiedener Zustände ermittelt zu haben glaube, ist folgende:

Kleine kuglige *Micrococcus*familien, welche an der Peripherie eine gemeinschaftliche Gallertschicht ausgeschieden, vergrössern sich durch ausserordentliche Vermehrung ihrer Zellchen, welche jedoch nach jeder Theilung eng aneinander gedrängt bleiben; so entstehen die grossen Aggregate, deren Gallerthülle sich gleichzeitig vergrössert. In diesen tritt sehr früh eine Neigung zur Querfurchung auf, in Folge deren mehr oder minder tief nach innen vordringende Furchungen entstehen, und die gesammte Zellfamilie eine unregelmässig traubige Knollenform annimmt; durch secundäre Furchen werden die grossen Lappen wieder in zahlreiche kleinere Läppchen abgetheilt; die Gallertkapsel wird hiervon nicht berührt, vielmehr umschliesst sie ungetheilt die ganze *Micrococcus*familie. Sobald die Furchen jedoch so tief vorgedrungen sind, dass dadurch einzelne Läppchen völlig abgetrennt werden, so scheidet sich zwischen den isolirten Theilfamilien

ebenfalls Gallert aus; dadurch entstehen Figuren wie 4 und 5, wo in einer Hülle zwei oder mehrere Einschlüsse enthalten sind; endlich wird auch die gemeinschaftliche Gallerthülle durchschnitten, und so entstehen selbstständige *Ascococcus*familien, welche zuerst klein, kugelig, fischrogenähnlich, den nämlichen Entwicklungsgang weiter fortsetzen (Fig. 3).

Merkwürdig ist die chemische Thätigkeit, welche dem *Ascococcus* zukommt. Die von diesen Körperchen gebildete Rahmhaut entwickelte einen höchst charakteristischen und intensiven Milch- oder Käsegeruch; so dass Fremde in der Normallösung, welche ursprünglich nur weinsaures Ammoniak mit einigen Mineralsalzen enthalten, wirkliche Milch mit weissem Rahm zu erkennen meinten. Dieser specifische Milchgeruch, der, wie ich glaube, auf der Erzeugung von Buttersäure und Butteräther aus dem weinsauren Ammoniak beruht, wird auch von andern Bacterien hervorgerufen, wie ich schon im zweiten Heft dieser Beiträge p. 206 bemerkt habe, doch kaum so intensiv, wie durch *Ascococcus*. Ausserdem verändert derselbe aber die ursprünglich saure Reaction der Nährlösung in eine intensiv alkalische; diese rührt her von freiem Ammoniak, welches aus der Nährflüssigkeit in solcher Menge entweicht, dass ein in Salzsäure getauchter Glasstab einen deutlichen Nebel bildet, und hineingehängtes Curcumapapier in einer Minute intensiv braun wird. Ich unterlasse es, Vermuthungen über die Fermentwirkung des *Ascococcus* auszusprechen, welche aus dem sauren weinsauren Ammoniaksalz freies Ammoniak entbindet und gleichzeitig Buttersäure, vermuthlich mit noch andern Producten, erzeugt. Ich bemerke nur, dass es mir gelang den *Ascococcus* durch Einführen kleiner Portionen in Bechergläser mit Nährlösung reichlich zu vermehren und die alkalische Reaction hervorzurufen. In Bezug auf diese stimmt *Ascococcus* mit den Kugelbacterien *(Micrococcus)* der Pigmentgährung so wie der Harngährung überein, und tritt in Gegensatz zu den meisten Stäbchenbacterien *(Bacterium)*, welche in ihrer Nährflüssigkeit eine saure Reaction hervorrufen (Essig-, Milchsäure-Bacterien u. s. w.).

Aus der Billroth'schen Beschreibung lässt sich zwar nicht mit völliger Bestimmtheit erkennen, ob das von ihm *Ascococcus* genannte Gebilde, welches derselbe in faulem Fleischwasser beobachtet hat, zur nämlichen Gattung mit unserer, in einer Nährlösung durch Luftwäsche hervorgerufenen Form gehört; ich halte dies jedoch für wahrscheinlich; jedenfalls aber erkennen wir in unserer Form eine selbstständige Art, die, soweit ich selbst zu beurtheilen vermag,

weder mit *Micrococcus* noch mit *Bacterium* in genetischem Zusammenhang steht. Ich gebe folgende Diagnose für Gattung und Art:

Ascococcus Billroth. char. emend. Cellulae achromaticae minimae globosae densissime consociatae in familias tuberculosas globosas vel ovales irregulariter lobatas, lobis in lobulos minores sectis, capsula globosa vel ovali gelatinoso-cartilaginea crassissima circumdatas, in membranam mollem facile secedentem floccosam aggregatas.

A. Billrothii n. sp. familiae tuberculosae 20—160 Mikrom., capsula ad 15 Mikrom. crassae. In solutione ammonii tartarici acidi aëre lavata sponte ortum, membranam odore lactico vel butyrico praeditam formantem observavi Mart. 1874.

Haud scio utrum eandem an affinem speciem ill. Billroth in aqua carnis foetida detexerit.

4. *Verwandtschaft von Ascococcus mit Chroococcaceen.* Auf den ersten Blick scheint es, als sei die Entwickelungsgeschichte des *Ascococcus* sehr abweichend von Allem was wir bisher von Bacterien und ihren Verwandten wissen. In Wirklichkeit füllt jedoch *Ascococcus* eine Lücke aus, welche die Gattung *Micrococcus* von den nahe verwandten Algen aus der Familie der *Chroococcaceae* zu trennen schien.

Bekanntlich sind in dieser Familie die kugligen *(Chroococcus)* oder cylindrischen, stäbchenförmigen Zellen *(Synechococcus)* frei, einzeln oder lose aneinander gelagert; oder sie sind durch gallertartige Intercellularsubstanz zu grösseren, nach aussen scharf begrenzten Familien (Nestern, Kolonieen) verbunden. Unter den letzteren sind die Gattungen *Gloeothece, Microcystis, Polycoccus* und *Anacystis* charakterisirt durch zahllose äusserst kleine rundliche Zellen, welche durch Intercellularsubstanz zu soliden Kugeln vereinigt, und von einer zarten oder dickeren Hülle eingeschlossen sind. Bei *Polycystis* sind mehrere *Microcystis*nester von einer gemeinschaftlichen Gallerthülle umgeben; bei *Coelosphaerium* dagegen befinden sich die kleinen kugligen Zellen nur an der Peripherie einer Schleimkugel und bilden daher eine hohle Kugelfläche, die jedoch an ihrer Aussenseite noch von einer Gallertschicht umgrenzt wird. (Vgl. Naegeli einzellige Algen p. 51; Rabenhorst *Flora Europaea Algarum Aquae dulcis et submarinae* II. p. 3—5, 51—55.)

Ascococcus schliesst sich ganz eng an die oben aufgeführten Gattungen; von *Microcystis, Anacystis* und *Polycystis* unterscheidet *Ascococcus* sich hauptsächlich nur durch seine farblosen, nicht spangrünen Zellen. Auf der andern Seite bietet die Entwickelungsgeschichte von *Coelosphaerium*, welche durch Naegeli, Unger und

insbesondere durch Leitgeb[1]) erforscht ist, eine deutliche Analogie zu der von *Ascococcus*, wenn auch erstere Gattung durch die rein peripherische Lagerung ihrer Zellen sich abweichend verhält.

Bei *Coelosphaerium Naegelianum* Unger, welches frei schwimmend die Oberfläche eines Teichs bei Graz mit grünem Schleim überzieht und denselben auch in grosser Tiefe bis auf den Grund ausfüllt, bilden die Zellfamilien einfache Hohlkugeln; doch kommen auch Zwillingsfamilien vor, wo 2, und zusammengesetzte, wo mehr (bis 6) Kugeln mit abgeplatteten Flächen zusammenhängen. (Vergl. Taf. V. Fig. 3.) An der Oberfläche der kugelförmigen Zellfamilien entstehen mehr oder minder tief gehende Furchen, um so häufiger, je grösser die Familie. Zwischen Familien mit kaum bemerkbaren Furchen und den zusammengesetzten Familien findet man alle möglichen Zwischenstufen, ein Beweis, dass letztere aus ersteren entstehen. Durch stossweisen Druck mit dem Deckgläschen gelingt es häufig dieselben an der Einschnürungsstelle zu theilen. Jede Theilfamilie nimmt sogleich die Form einer Hohlkugel an, indem sich ihre Zellen an der Oberfläche gleichmässig vertheilen. Aber auch von selbst lösen sich die Theilfamilien, welche bald aus einer grösseren, bald aus einer kleineren Zahl von Zellen bestehen; und dies ist sogar zu Zeiten die häufigere Vermehrung des *Coelosphaerium*, neben der noch eine zweite durch einzelne aus dem Familienverbande ausgestossene Zellen beobachtet wird, welche sich durch successive Zweitheilung zu neuen Familien entwickeln.

Eine noch eigenthümlichere Art der Lostrennung von Theilfamilien aus dem Familienverbande grösserer Kugeln bietet die Gattung *Clathrocystis*, welche bekanntlich durch A. Henfrey aus einer weitverbreiteten *Chroococcaceen*species *(Microcystis Ichthyoblabe et aeruginosa* Kg.) abgetrennt worden ist. Die Zellfamilien bilden hier zuerst solide, später hohle Kugeln von schön spangrüner Farbe und 0,024 bis 0,5 mm. Durchmesser; diese schwimmen dicht gedrängt an der Oberfläche ruhiger Gewässer (Teiche, kleine Seen, Gräben), in solch ungeheurer Vermehrung, dass das Wasser sich mit einer schön blaugrünen, feinkörnig-flockigen Schicht bedeckt, welche einen eigenthümlichen unangenehmen Geruch entwickelt, und mitunter die Consistenz eines Mehlkleisters annimmt. Aus neuester, wie aus älterer Zeit besitzen wir Nachrichten, dass die Fische in einem Teiche,

---

[1]) Naegeli s. o. — Unger, Denkschriften der k. Akademie der Wissenschaften Band VII. — Leitgeb, Mittheilungen des naturwissenschaftlichen Vereins für Steiermark Band II. Heft 1. 1869. Tab. II.

welcher mit der Wasserblüthe dieser Alge sich bedeckt, massenhaft absterben; vielleicht wird durch die dicke Schleimhaut die Aufnahme des für das Athmen der Fische unentbehrlichen Sauerstoffs aus der Luft gehemmt.

Arthur Henfrey gab im Jahre 1856[1]) die erste genauere Untersuchung dieser interessanten, schon von Treviranus und Kützing beobachteten Alge; er beschreibt dieselbe als anfänglich solide, später als Hohlkugeln, an deren Oberfläche in einfacher Schicht zahlreiche Gonidien in einer farblosen Matrix eingebettet sind; durch Risse, welche in der Kugelperipherie sich bilden und sich zu grösseren Oeffnungen erweitern, nimmt die Hohlkugel die Gestalt eines unregelmässigen Netzes an, das mit der Zeit in unregelmässige Bruchstücke zerreisst; die letzteren können sich wieder vergrössern und zu neuen Hohlkugeln oder gitterförmigen Säcken entwickeln. Nach Rabenhorst entstehen die Netze, wenn die Algen auf den feuchten Ufersand ausgeworfen werden.

5. *Ueber pfirsichblüthrothe Färbungen an modernden Thier- und Pflanzenstoffen durch mikroskopische Organismen.* Ich stelle hier eine Anzahl mikroskopischer Organismen zusammen, welche in den bisherigen Systemen theils unter die Algen, theils unter die Infusorien eingereiht sind; gemeinschaftlich ist ihnen eine sehr auffallende, mehr oder minder intensive Pfirsichblüthfarbe, und ein eigenthümliches Vorkommen, indem sie auf allerhand, am Boden des Wassers abgelagertem thierischen oder pflanzlichen Detritus rothe Flecken bilden, zeitweise auch an der Oberfläche des Wassers schwimmen, selten und nur vorübergehend dasselbe gleichmässig erfüllen. Da diese Formen nur auf modernden Stoffen sich entwickeln, und selbst in den stärksten Verwesungszuständen nicht zu Grunde gehen, so gehören sie offenbar zu den Fäulnissorganismen, und zeigen hierdurch, wie nicht minder durch Organisation und Entwickelung engere oder entferntere Beziehungen zu den Bacterien, so dass eine vergleichende Schilderung derselben an dieser Stelle, welche zugleich deren noch nicht genug gewürdigte Bedeutung an's Licht stellt, nicht ungerechtfertigt erscheinen wird.

Ich beginne mit einer *Chroococcacee,* welche der oben geschilderten blaugrünen Wasserblüthe *Clathrocystis aeruginosa* so nahe verwandt erscheint, dass sie trotz des abweichenden Vorkommens

---

[1]) A. Henfrey, Notes on some Fresh Water confervoid Algae new to Britain; Transactions of the Microscopical Society of London 1856.

und der charakteristischen Färbung von ihr generisch nicht getrennt werden kann.

6. *Clathrocystis roseo persicina* n. sp. Taf. VI. Fig. 1—10. Auf Blättern und andern Pflanzentheilen, welche auf dem Boden stehender Gewässer vermodern, finden sich oft Flecken von lebhaft pfirsichblüthrother Farbe, welche unter dem Mikroskop als lose Aggregate sehr kleiner kugliger oder ovaler Zellen erscheinen; die Zellen selbst sind entweder homogen, oder sie machen den Eindruck, als seien sie hohl, und diese Höhlung mit ein oder mehreren dunklen Körnchen erfüllt.

Da die kleinen Zellen häufig in Quertheilung angetroffen werden, so wurden sie von Kützing zuerst als *Microhaloa rosea* (*Linnea* VIII, 341), später (*Spec. Alg.* p. 196) als *Protococcus,* endlich von Rabenhorst (*Flora Alg. eur.* III. p. 28) als *Pleurococcus roseo-persicinus* aufgeführt. Indessen sind die pfirsichblüthrothen Massen nicht immer am Boden der Gewässer abgelagert; kultivirt man dieselben längere Zeit im Zimmer, so findet man sie auch auf der Oberfläche des Wassers unter anderen Algen schwimmend, als grössere oder kleinere, lockere schleimige Flöckchen; bald bildet sich auch an der ganzen Innenfläche des Glasgefässes, in welchem die Algen cultivirt werden, ein schön pfirsichblüthrother Anflug, der Jahrelang anscheinend unverändert sich erhält. Ein vergleichendes Studium dieser verschiedenen Zustände ergiebt eine überraschende Mannigfaltigkeit der Entwickelungszustände; auf den ersten Blick scheint es leicht, die Alge wegen ihrer auffallenden Farbe auch in den verschiedensten Gestaltungen wieder zu erkennen; bald überzeugt man sich aber, dass grade diese Färbung irre leitet, da eine ganze Anzahl mikroskopischer Organismen, welche meist gesellig unter einander vorkommen, aber durchaus nicht in entwicklungsgeschichtlichem Zusammenhang stehen, durch die nämliche Pfirsichblüthfarbe charakterisirt sind.

Zu speciellerer Untersuchung wurde ich durch eine Beobachtung des Herrn Dr. Oscar Kirchner angeregt, welcher mir zuerst im November 1872, und in der Folgezeit öfter aus einem mit Schilf bewachsenen Teiche in der Nähe von Breslau (bei Gabitz) eine rosenrothe Alge brachte, die theils auf der Oberfläche des Wassers in geringer Ausbreitung schwamm, theils tiefer unten zwischen *Vaucheria, Spirogyra, Ulothrix* und *Lemna trisulca* sass[1]). Sie liess sich nicht leicht sammeln, da sie rasch auseinander floss; doch durch Heraus-

[1]) Als rothe Wasserblüthe ist unsere Art anscheinend schon von Fleischer (*Hedwigia* II, p. 37) beschrieben worden.

holen der übrigen Algen gelang es, auch sie in ziemlicher Menge zu erhalten, und im Pflanzenphysiologischen Institut den ganzen Winter hindurch zu cultiviren. Die mikroskopische Untersuchung wurde von mir in Gemeinschaft mit Herrn Dr. Kirchner vorgenommen; ihm verdanke ich auch die schönen Zeichnungen auf Taf. VI. Weiteres Material gewährten insbesondere Sendungen faulender Wasserpflanzen aus Lachen am Strande der Insel Seeland in der Nähe des Oeresund, welche Herr Dr. Eugen Warming aus Copenhagen im Winter 1874/5 mir zu wiederholten Malen mitzutheilen die Güte hatte, so wie zwei Sendungen aus Oxford, welche ich der Freundlichkeit des Dr. E. Ray Lankester verdanke. Auch in der Umgebung von Breslau ist mir schon seit Jahren die Alge mehrfach vorgekommen.

Die von Herrn Dr. Kirchner gesammelten und präparirten Exemplare wurden in Rabenhorst's Algen Europa's, No. 2313, unter den neuen Namen *Clathrocystis roseo-persicina* ausgegeben, und von mir mit einer lateinischen Diagnose, so wie mit einer kurzen Erläuterung versehen; ein besonderes Interesse hat die Alge dadurch gewonnen, dass Dr. E. Ray Lankester sie unter dem Namen *Bacterium rubescens* im Jahre 1873 in seinem Aufsatze *(„On a peach coloured Bacterium")*[1]) ausführlich behandelt und abgebildet hat; er hatte sie in Fluss-Wasser gefunden, in welchem todte Thiere (Flusskrebse etc.) verwest waren.

Während die an der Oberfläche von andern Pflanzen haftende Alge gestaltlose Aggregate rother, scharf conturirter, durch eine deutliche gemeinschaftliche Gallerthülle verbundener Zellen darstellt, erscheinen die freischwimmenden als blasenartige Hohlkugeln, deren Durchmesser über 0,6 mm. erreichen kann. (Taf. VI. Fig. 2.) Der Inhalt dieser Kugeln ist eine wasserhelle Flüssigkeit; die rothen Zellen bedecken in einschichtiger Lage die Peripherie; sehr häufig sind die Kugeln nicht geschlossen, sondern stellen zerrissene unregelmässige Säcke dar, an denen äusserlich ähnliche Kugeln, Halbkugeln, Calotten angewachsen sind. (Fig. 4, 6, 9.)

Dass die amorphen Flecken, die schwimmenden Kugeln und die zerrissenen Blasen in den Entwickelungskreis einer und der nämlichen Art gehören, ist nach der völligen Gleichheit im Bau und der Färbung der Zellen, so wie nach dem Vorkommen aller möglichen Uebergangszustände nicht zu bezweifeln. Die einzelnen Zellen sind sehr

[1]) Quarterly Journal of Microscopical Science vol. XIII. New series. p. 408 seq. tab. XXII. XXIII.

klein, bis 2,5 Mikrom. (Mikromillimeter) = 0,0025 mm., kleiner als bei *Clathrocystis aeruginosa, Coelosphaerium, Polycystis* und andern verwandten Algen; ihre Gestalt ist kreisrund, oval oder durch gegenseitigen Druck etwas eckig, oft in Zweitheilung begriffen. (Fig. 1a.) Der Zellinhalt ist in verschiedenen Nuancen: rosen-, fleisch-, pfirsichblüth-, purpurroth durch einen charakteristischen Farbstoff gefärbt, dessen Spectrum E. R. Lankester studirt und abgebildet hat (l. c. pag. 425). Hiernach zeigt der Farbstoff drei Absorptionsstreifen: eine totale Absorption im Gelb zu beiden Seiten der Linie D; zwei schwächere Absorptionsstreifen im Grün in der Umgebung von b und E, sowie im Blau bei F; ausserdem zeigt die Zeichnung von Lankester eine gegen G stetig steigende Verdunkelung der stärker brechbaren Spectrumhälfte. Das optische Verhalten charakterisirt diesen Farbstoff als verschieden von der blutrothen *Monas (Micrococcus) prodigiosa,* sowie von andern rothen Pigmenten; derselbe ist deshalb von Lankester mit einem eigenen Namen *(Bacterio-purpurin)* bezeichnet worden; er ist nach Lankester unlöslich in Wasser, Alcohol, Chloroform, Ammoniak, Essigsäure, Schwefelsäure, durch heissen Alcohol wird er in eine braune, durch Chloroform in eine orangebraune Substanz umgewandelt; auch beim Absterben verfärben sich die rothen Zellen in Braun.

Die Membran der Zellen wird durch den Contrast gegen den rothen Inhalt meist sehr deutlich unterschieden; sie erscheint beinahe knorplig, wie bei *Gloeocapsa*arten; der Inhalt ist in jüngeren Zuständen meist homogen; in älteren Zellen dagegen erscheint derselbe schwächer lichtbrechend als die Membran und die Zellen daher gleichsam ausgehöhlt; in diesem Zellinhalt sind ein oder mehrere, sehr auffällige, dunkle Körnchen eingeschlossen, welche den Zellen ein sehr charakteristisches Ansehen geben, und über deren Natur ich später eine Erklärung zu geben versuchen werde. Die Zellen sind durch eine schleimige Intercellularsubstanz derart zu Zellfamilien vereinigt, dass in der Regel zwei Nachbarzellen um die Breite ihres Durchmessers von einander abstehen; die Anwesenheit der gemeinschaftlichen Intercellularsubstanz verbietet die Einordnung der Alge unter *Pleurococcus* oder *Protococcus* und weist dieselbe in die Gruppe der *Chroococcaceae.* Uebrigens ist die Intercellularsubstanz in verschiedenen Alterszuständen sehr ungleich entwickelt; am deutlichsten ist sie in den kleinen formlosen Colonien, wo der Abstand der einzelnen Zellen bis zum Doppelten ihres Durchmessers ansteigt. Ausserdem ist die ganze Zellfamilie von einer gemeinschaftlichen Gallert umgeben, welche deutlich nur

dann wahrgenommen werden kann, wenn man dem Wasser ein feinkörniges Pigment (Karmin, Gummigutt, chinesische Tusche) beimengt; alsdann sieht man die kugeligen rothen Zellfamilien von einem mehr oder minder breiten ungefärbten Hofe umgeben (Fig. 1. b. c. 2—5).

Dass die Familien, in denen viele tausend Zellen vereinigt sind, aus einzelnen Zellen durch successive Zweitheilungen hervorgehen, ist zwar von vornherein zu vermuthen; doch ist der Vorgang im Einzelnen schwer zu verfolgen. Nicht selten findet man zwar unter Algendetritus isolirte Zellen, und kleine Gruppen, aus 2, 4, 8 Zellen gebildet; es ist wohl anzunehmen, dass diese Gruppen durch fortgesetzte radiale Theilung ihrer Zellen sich in ähnlicher Weise zu grösseren Hohlkugeln ausbilden, wie dies Leitgeb für *Coelosphaerium Naegelianum* angegeben hat, nur dass die radialen Gallertstränge, welche bei der letzteren Gattung jede Zelle mit dem Centrum der Kugel in Verbindung erhalten, bei unserer Art nicht vorhanden sind. Daher bewahren die Familien auch nicht ihre ursprüngliche Kugelgestalt; vielmehr nehmen sie, sobald sich ihr Durchmesser erheblich vergrössert, durch überwiegende Vermehrung einzelner Zellgruppen eine unregelmässige Blasen- oder Sackform an. Manchmal sieht man Zwillingsfamilien (Fig. 3), welche aus der Einschnürung und Durchfurchung einer Mutterkugel hervorzugehen scheinen. Wenn die blasenartigen Zellfamilien frei im Wasser schwimmen, so beobachtet man häufig die Entwickelung von halbkugeligen Protuberanzen an ihrer Peripherie (Fig. 6, 7). Vermuthlich entstehen diese Protuberanzen ebenfalls nur durch excessive radiale Theilung einzelner Zellen oder Zellgruppen, in Folge deren sich deren gesammte Nachkommenschaft zu einer später selbstständig werdenden Colonie gestaltet, anfänglich nur in Form einer blasigen Ausstülpung sich glockenförmig nach aussen wölbt, schliesslich aber als Calotte oder Halbkugel von der Mutterfamilie abtrennt; solche Colonieen nehmen bald wieder eine vollständige Kugelgestalt an, indem sich die frühere Anheftungsstelle nur durch ein mitunter sehr kleines Loch erkennen lässt, während die Mutterfamilie an der entsprechenden Stelle meist eine grössere Lücke behält (Fig. 8). An den secundären Colonieen erkennt man schon frühzeitig die Bildung von tertiären Protuberanzen. Die gesammte Entwickelung erinnert an die von Leitgeb beschriebene Entstehung der Theilfamilien bei *Coelosphaerium;* während aber dort höchstens 6 Colonieen an der Mutterkugel beobachtet sind, findet man bei unserer *Clathrocystis* deren 20—30 an der blasig aufgetriebenen Mutterfamilie festsitzen. Wenn die Tochter- und Enkelfamilien sich aus ihrer äusser-

lichen Verbindung isolirt haben, so bleibt von der Mutter nur ein unregelmässig durchlöcherter Sack zurück, der sich schliesslich in formlose rothe Fetzen oder Zellhaufen auflöst.

Auf eine andere Weise scheint die *Clathrocystis roseo persicina* sich zu verhalten, wenn dieselbe bei Wassermangel, z. B. in einer mit *Lemna trisulca* bis zum Boden vollgefüllten Schale cultivirt wird. Alsdann bilden sich nämlich in den blasenförmigen Zellfamilien erst wenig, dann immer mehr und grössere Löcher, anscheinend nur durch Auseinanderweichen einzelner Zellreihen, ohne dass es zur Bildung von Tochterkugeln kommt; schliesslich zerreissen dieselben in äusserst zierliche Netze, welche, abgesehen von der grösseren Unregelmässigkeit, an die *Hydrodictyon*netze erinnern (Fig. 10). Später zerfallen die Netze in kleinere Stücke, und lösen sich endlich in formlose Fetzen und Lappen auf; diese stellen, neben den aus den sackförmigen Familien hervorgegangenen, jene gestaltlosen rothen Zellaggregate dar, welche bald zu Boden sinken und sich besonders auf der Oberfläche abgestorbener und auf dem Grunde des Wassers vermodernder Algen, Blätter, Thierreste lagern. Hier setzt sich die Vermehrung der Zellen fort; daher vergrössern sich die rothen fleckenartigen farblosen Zellhaufen fortdauernd, und es gehen aus ihnen auch unter gewissen Umständen wieder geformte, kuglige und selbst netzförmige Zellfamilien hervor.

Die Uebereinstimmung, welche unsere rothe Alge mit der blaugrünen *Clathrocystis aeruginosa* Henfrey namentlich in Bezug auf die Netzbildung zeigt, hat uns veranlasst sie in die nämliche Gattung einzureihen, jedoch mit Rücksicht auf das abweichende Vorkommen, so wie auf die verschiedene Grösse der Zellen als selbstständige Art anzuerkennen [1]).

Eine Beobachtung, welche wir zuerst am 17. Dec. 1873, dann noch zu wiederholten Malen, wenn auch nicht häufig, gemacht haben, scheint noch auf eine ganz abweichende Fortpflanzungsweise der rothen *Clathrocystis* hinzuweisen. Mitunter begegneten wir nämlich mitten unter den gewöhnlichen unbeweglichen Kugeln, Säcken und

1) Wie sich unsere *Clathrocystis roseo-persicina* zu der *Polycystis Ichthyoblabe* b. *purpurascens* A. Braun (Rabenhorst Krypt. Flora von Sachsen p. 74. Flora Alg. Europ. p. 53) verhält, welche mit der Kützing'schen *Polycystis violacea* (Rab. Alg. N. 306 u. 565) für identisch gehalten wird und in stagnirenden Wässern namentlich Sachsens mehrfach gesammelt wurde, vermag ich nicht zu beurtheilen, da ich sie lebend noch nicht beobachtet habe. Dasselbe gilt von *Monostroma rosea* Currey, *Synechococcus roseo-persicinus* Grunow in litt. und *S. violaceus* Grun. in Rabenh. Flor. Alg. europ. III. p. 418, u. a. A.

Netzen einzelnen jungen Familien, in denen eine begrenzte Zahl (circa 16—64) Zellen zu einer regelmässigen Kugel derart vereint war, dass dieselben ohne erkennbare Intercellularsubstanz eng aneinander gedrängt, auch anscheinend nicht blos in der Peripherie einschichtig geordnet, sondern den ganzen Kugel-Inhalt auszufüllen schienen (Fig. 1 b. c.). Die intensiv purpurrothe Farbe liess diese jungen Familien sofort von den normalen, rosa-pfirsichblüthfarbenen unterscheiden; wie diese, waren sie von einer gemeinschaftlichen ziemlich breiten Gallerthülle rings eingeschlossen. Ueberraschender Weise besassen diese dunkelrothen Kugeln eine spontane Bewegung, indem sie schwerfällig aber kräftig nach verschiedenen Richtungen im Wassertropfen umherrollten, ähnlich wie die kugligen Familien von *Pandorina* oder *Volvox;* seltener waren es unregelmässige rothe Zellhaufen, welche die nämliche spontane Bewegung zeigten (Fig. 4. 5). Wie lange diese Bewegung andauert, und auf welche Weise die rotirenden in die ruhenden Familien übergehen, konnte ebenso wenig ermittelt werden, als sich Bewegungsorgane (Cilien etc.) auffinden liessen.

Bewegliche Zustände sind bisher weder bei der rothen *Clathrocystis,* noch überhaupt bei irgend einer andern der verwandten spangrünen *Chroococcaceen* beobachtet worden. Dennoch hätten sich bewegliche Zustände schon von vornherein aus der Thatsache vermuthen lassen, dass, wenn man die rothe *Clathrocystis* in einem Glasgefäss cultivirt, sich nach kurzer Zeit an der dem Fenster zugewendeten Seite ein pfirsichblüthrother Ueberzug bildet, welcher freilich nur aus unbeweglichen Zellaggregaten besteht, der aber doch nur aus beweglichen Entwickelungszuständen hervorgegangen sein kann, welche in Folge von positivem Heliotropismus die beleuchtete Seite spontan aufgesucht haben.

7. *Monas vinosa* Ehr. Taf. VI. Fig. 13. Vielleicht gehören hierher jene kleinen lebhaft beweglichen, rothen Körperchen, die wir am 17. Dec. 1873 in dichten Schwärmen in einem Glasgefässe beobachteten, in welchem ausserdem noch die pfirsichblüthfarbene *Clathrocystis* cultivirt wurde. Sie waren von regelmässiger Kugel- oder Ovalform; häufig zeigten sie sich paarweise verbunden, offenbar in Quertheilung begriffen (Tab. VI. Fig. 13*); sie erreichten meist einen Durchmesser von 2,5 Mikrom ; ausser einer blassrothen Substanz, in welche dunklere Körnchen eingelagert waren, liess sich keine weitere Organisation wahrnehmen, insbesondere konnten keine Flimmergeisseln nachgewiesen werden. Gleichwohl zeigten dieselben eine sehr lebhafte Schwärmbewegung, die von zitternder Molecular-

bewegung deutlich verschieden war, und in Folge deren sie, gleich grünen Schwärmsporen, sich in zahllosen Haufen zu einem rosenrothen Saume an dem Lichtrande des Wassers ansammelten.

Aehnliche Kügelchen in ähnlichem Vorkommen sind schon mehrfach früher beobachtet worden, wenn es auch fast unmöglich ist, aus den älteren Beschreibungen mit Bestimmtheit die Identität nachzuweisen. Dies gilt insbesondere, wie schon Dujardin *(Histoire des zoophytes* p. 280) mit Recht bemerkt, von den so unvollkommen erforschten Monaden Ehrenberg's; dennoch glaube ich in unseren rothen schwärmenden Kügelchen Ehrenberg's *Monas vinosa* mit Sicherheit wiederzuerkennen, welche derselbe als ovale, abgerundete, rothweinfarbene, äusserst kleine ($\frac{1}{1000}$—$\frac{1}{500}$''' = 2—4 Mikrom.) Körperchen mit sehr langsamer zitternder Bewegung beschreibt. Ehrenberg fand dieselben nicht selten in Wasser, welches lange in Gläsern gestanden, in dem vegetabilische Theile vermodert sind. Nachdem das Wasser wieder klar geworden, bildet die Monade weinrothe Flecken an der dem Lichte zugekehrten Wand des Glases, oder umgiebt die vermoderten Pflanzenreste selbst. Nach einiger Zeit absterbend, bildet sie rothe Krusten an der Wand des Glases, in welcher die einzelnen Thierchen sich noch erkennen lassen, aber keine Bewegung mehr zeigen [1]).

Charles Morren beobachtete die *Monas vinosa* in einem Wasserglase, in welchem *Pteris aquilina* zwei Monate lang vermoderte; das Wasser war nun weinroth *(rouge de vin violâtre),* oben intensiver als am Grunde, gefärbt und während dreier Monate an Intensität zunehmend, dann allmählich sich entfärbend. Beim Absterben bildet die Monade einen thierischen Schleim an der Oberfläche des Wassers, den Glaswänden und den im Wasser befindlichen Gegenständen; so entstehen die weinrothen palmellenähnlichen Krusten *(plaques),* welche oft mehre Zoll sich ausbreiten und in denen die noch lebenden und lebhaft gefärbten Monaden eingeschlossen sind [2]).

Vielleicht gehört hierhin auch das von Perty beschriebene *Chromatium (Monas) violascens,* welches derselbe an der Wand eines Gläschens mit faulenden Charen nach 14 Tagen in Form eines schmutzig blass violetten Ueberzugs beobachtete, der aus sehr kleinen sphäroidischen zitternden dunkelgekörnten Körperchen bestand [3]).

---

[1]) Infusionsthierchen 1838 p. 11.

[2]) *Recherches sur la rubéfaction des eaux. Mém. de l'Academie de Bruxelles* 7. Febr. 1841 p. 70.

[3]) Perty, kleinste Lebensformen 1852 p. 174. Tab. XV. Fig. 16.

Aus allen diesen Beobachtungen scheint eine Beziehung der beweglichen Kügelchen der *Monas vinosa* Ehr. zu unserer *Clathrocystis roseo-persicina* hervorzugehen, welche den Gedanken nahe legt, in den ersteren die Schwärmzellen der letzteren zu erblicken. Eine bestimmte Entscheidung vermag ich jedoch nicht zu geben, da mir kein ausreichendes Material zu Gebote stand.

8. *Monas Okenii* Ehr. Taf. VI. Fig. 12. Wie schon oben erwähnt, kann die pfirsichblüthrothe Färbung der *Clathrocystis roseo-persicina* leicht zu irrigen Schlüssen über deren Entwickelung verleiten, da mit ihr gesellschaftlich andere mikroskopische Organismen vorkommen, welche die nämliche Farbe besitzen, sich mit blossem Auge daher gar nicht, und selbst mit stärkeren Vergrösserungen schwierig unterscheiden lassen, gleichwohl aber ohne Zweifel durchaus nicht in genetischem Zusammenhang mit jener Alge stehen.

Im März 1874 brachte die „Gartenlaube" eine Notiz über einen Teich bei Kahla in Thüringen, dessen farbloses Wasser alsbald eine rothe Farbe annimmt, sobald dasselbe durch einen Stock aufgestört wird. Durch freundliche Vermittelung der Redaction der Gartenlaube, an welche ich mich wendete, erhielt ich von dem Beobachter dieses seltsamen Phänomens, Herrn Dr. Hirsch zu Kahla, ein Fläschchen mit rothem Wasser, welches nach kurzer Zeit einen röthlichen Bodensatz ablagern liess, und dann völlig klar und farblos erschien; auf's Neue durchgeschüttelt sah dasselbe purpurroth aus, fast wie Himbeerwasser. Der reichliche Bodensatz bestand aus allerhand Detritus, zwischen dem eine ungewöhnliche Menge interessanter Infusorien sich umherbewegten: *Rhizopoden, Chlamidomonaden, Astasiaeen, Trachelomonaden, Peranemen, Cryptomonaden, Glenodinien, Euploten, Paramecium versutum* und *Aurelia,* auch *Rotifer* u. a. A.

Die Ursache der rothen Färbung des Wassers aber war — neben der *Clathrocystis roseo-persicina,* deren pfirsichblüthrothe Kugeln und Blasen umherschwammen oder an anderen Algen anhafteten, — ein kleiner Organismus der nämlichen Farbe, aber von kurzcylindrischer Gestalt, in der Regel zwei bis dreimal länger als breit, an beiden Enden abgerundet, meist schwach gebogen; der Querdurchmesser beträgt 5 Mikrom. (= 0,005 mm.), die Länge variirt je nach den Theilungszuständen zwischen 7,5 und 15 Mikrom. Diese rothen Körperchen erfüllten in ungeheuren Schwärmen das Wasser, und bewegten sich wie Schwärmsporen, nicht sehr behend, unter steter Achsendrehung; mitunter drehten sie sich auch der Quere nach rasch wie ein Kreisel; findet sich ein Hinderniss, so drängen sich diesel-

ben eine Zeit lang unter fortdauernder Achsendrehung an, als wollten sie mit dem Kopf durch die Wand rennen, bis sie mit einem Male die Drehungsrichtung ändern und davonschwimmen; lange Ruhezustände wechseln mit der Bewegung. Sie schwimmen der Lichtseite des Tropfens zu, und bilden am Rande rothe Säume, aus zahllosen dichtgedrängten Körperchen. Anfangs konnte ich keine Bewegungsorgane erkennen, obwohl ein Wirbel an einem Ende der Körperchen die Anwesenheit von solchen andeutete, schliesslich gelang es mir durch Jodlösung, später auch an lebenden Körperchen eine sehr lange Flimmer-Geissel zu erkennen, welche die Körperlänge wohl um's Doppelte übertrifft, und stets am Hinterende nachgeschleift oder in schlängelnde Bewegungen versetzt wird (Taf. VI. Fig. 12).

Diese Körperchen bestehen anscheinend aus einer homogenen bald blasser, bald intensiver purpur oder pfirsichblüthroth gefärbten Substanz, in welcher mehr oder weniger zahlreiche dunklere Körnchen eingelagert sind, ähnlich denen, welche wir in den Zellen von *Clathrocystis roseo-persicina* bereits erwähnt haben. Mit den lebenden Individuen lassen sich chemische Reactionen schwierig anstellen, weil diese in das wasserhaltige Protoplasma schwer eindringen; lässt man aber den rothen Tropfen auf einem Objectglas austrocknen und setzt dann Alcohol zu, so werden die Körperchen sofort entfärbt, es bleibt ein farbloses Protoplasma zurück, und eine zarte Membran, welche dasselbe nach aussen umgrenzt, wird neben ein bis zwei Vacuolen sichtbar (Fig. 12***); die Lösung des rothen Farbstoffs durch den Alcohol geschieht rascher als z. B. die des Chlorophylls in den gleichzeitig vorhandenen Euglenen. Essigsäure färbt die Körperchen hellroth; in Ammoniak zerfliessen dieselben; das Pigment wird braunroth. Die rothen Körperchen sind die Hauptnahrung der Rhizopoden und Infusorien, die sich im nämlichen Wasser befinden; in kleinen scheibenförmigen Amoeben sind sie oft so zahlreich eingeschlossen, dass ich anfangs eine Fortpflanzung derselben in farblosen Cysten vermuthete; aber auch Arcellen und Difflugien ernähren sich mit Vorliebe von ihnen, und besonders zierlich erscheint der grüne *Euplotes viridis* durch die rothen Körperchen, die er mit Gier verschlungen, da diese mit den Chlorophyllkügelchen des Infusoriums contrastiren. Auch *Rotifer vulgaris* verspeist dieselben in solcher Menge, dass sein Verdauungscanal von ihnen vollgestopft wird; im eigentlichen Magen des Räderthiers werden die Körperchen hellroth, was auf die saure Reaction seines Saftes hinweist, in den beiden Abtheilungen des Darmes dagegen

erscheinen sie dunkel- oder braunroth, offenbar in Folge neutraler oder alkalischer Reaction.

Die gewöhnliche Vermehrung der rothen Körperchen geschieht durch Quertheilung, die man in allen Stadien antrifft; bei solchen in der Mitte durchgeschnittenen Exemplaren beobachtete ich an beiden Enden je eine Flimmergeissel (Fig. 12*). In ruhendem Zustande, wo sie sich am Boden des Wassers ablagern, geht ebenfalls Quertheilung vor sich.

Ehrenberg hat die rothen Körperchen zuerst entdeckt, und zwar ebenfalls in Thüringen an einem Fundort, der dem von mir hier erwähnten nahe gelegen ist. Wie er in seinem grossen Infusorienwerk (p. 15) berichtet, hatte er am Tage der Eröffnung der deutschen Naturforscherversammlung zu Jena am 12. Septbr. 1836 bei einem Spaziergange mit Weisse in einem kleinen Bassin des Baches unterhalb der Kirche von Ziegenhain handbreite rothe Flecken wahrgenommen, veranlasst durch eine rothe cylindrische Monade von $\frac{1}{96}$ mm. = 10 Mikrom. Länge, deren Abbildung er nicht mehr geben konnte, die er aber deutlich beschreibt und zu Ehren des Begründers der deutschen Naturforscherversammlungen als *Monas Okenii* aufführt; später wurde dieselbe von Ehrenberg auch bei Berlin, von Eichwald und Weisse bei Petersburg gefunden[1]). Charakteristisch ist das Herabsinken der rothen Monaden auf den Boden, wo sie schön rothe Flecken bilden, so dass Weisse seine der Petersburger Akademie vorgelegten Zeichnungen mit den lebenden Körperchen ausmalen konnte; nach seiner Berechnung sind 150,000 Monaden erforderlich, um die 290mal vergrösserte Zeichnung eines Individuums zu coloriren. Ehrenberg hatte bereits einen peitschenartig wirbelnden Rüssel von halber Körperlänge erkannt; dass derselbe rückwärts gerichtet ist, wurde bisher nicht wahrgenommen. Perty[2]) sonderte die cylindrischen, roth braun, violett oder grün gefärbten, mit Körnchen (innern Bläschen, Blastien, Ehrenberg's Magenbläschen) erfüllten Monaden als eine selbstständige Gattung *Chromatium* ab, in welcher unsere Art als *Chromatium Okenii,* eine unter Charen gefundene Form als zweite Species, von Perty durch geringere Grösse unterschieden und als *Chromatium Weissii* abgetrennt wird, was ich jedoch nach den mitgetheilten Abbildungen (l. c. Tab. XV. Fig. 15) und Massen (Länge $\frac{1}{400}$—$\frac{1}{200}$‴) nicht gerechtfertigt finden kann.

1) *Bulletin Phys. Math. de l'Académie de Petersburg* III. p. 310 u. 335.
2) Kleinste Lebensformen p. 174.

9. *Rhabdomonas rosea n. sp.* Taf. VI. Fig. 14. Ausser der *Monas Okenii* enthielt das rothe Wasser aus Kahla noch vereinzelte spindelförmige, blass rosenrothe Körperchen, welche nach beiden Enden verjüngt, in ausgewachsenem Zustande etwa 8mal länger als breit sind; ich bestimmte die Breite zu 3,8—5 Mikrom. (0,0038—0,005 mm.), die Länge je nach dem Zustande der Theilung: 20—30 Mikrom. (Taf. VI. Fig. 14). Die Vermehrung durch Quertheilung ist häufig zu beobachten, die Theilhälften erreichen fast ihre normale Grösse, ehe sie sich trennen (Fig. 14*). Charakteristisch sind auch für diese Körperchen die dunkelen, stark Licht brechenden, in die rosafarbene Substanz eingelagerten Körnchen, die sich bald in grösserer, bald in geringerer Zahl vorfinden; auch wasserhelle Vacuolen in der Mitte und an den Enden wurden beobachtet. Die Bewegung ist langsam zitternd, abwechselnd vor- und rückwärts unter beständiger Drehung um die Längsachse; ein Wirbel am hintern Ende deutet auf eine nachschleppende Flimmergeissel, wie bei *Monas Okenii,* die ich jedoch nur einmal wirklich unterscheiden konnte. So viel ich weiss, ist diese rothe Spindelmonade noch nicht beschrieben; sie gehört unter die Ehrenberg'sche Section *Rhabdomonas* als eine neue Art, die ich als *Rhabdomonas rosea* bezeichnen will.

10. *Monas Warmingii n. sp.* Taf. VI. Fig. 11. Im Winter des Jahres 1874 lernte ich noch eine Reihe von Vorkommnissen pfirsichblüthfarbener mikroskopischer Fäulniss-Organismen in Folge mehrerer Sendungen kennen, welche Herr Dr. Eugen Warming in Kopenhagen mir zu wiederholten Malen zu machen die Güte hatte. Derselbe theilte mir zuerst am 15. November 1874 mit, dass er in den an der dänischen Küste am Sund, bei Kopenhagen, am Kattegat und vielen anderen Orten im Herbst überall vorkommenden brakischen Lachen, in denen Algen *(Enteromorpha, Chaetomorpha)* sowie *Zostera* und andere Salzwasserphanerogamen faulen, das äusserst häufige Auftreten rother Flecken und Massen zwischen den modernden Pflanzen beobachtet habe. Als Ursache desselben treten mikroskopische Organismen auf, und zwar überall die nämlichen Formen. Herr Dr. Warming hatte dieselben nicht nur selbst bereits mikroskopisch untersucht, sondern theilte mir auch Skizzen seiner Zeichnungen mit, indem er unter wiederholter Sendung des mit den Fäulnissprodukten erfüllten Wassers mich um deren Bestimmung ersuchte. Merkwürdiger Weise waren es meist die nämlichen Arten, die in charakteristischer Gruppirung ich oben von Thüringen beschrieben, wie sie in gleicher Weise auch schon in Schlesien, in England Russland etc. beobachtet worden sind.

In unzähligen Massen schwärmten unter den rothen Fäulnissproducten die kleinen einfachen oder Doppelkügelchen der *Monas vinosa* Ehrb., die durch ihre dunklen Körnchen ausgezeichnet sind und den Zustand des Umherrollens oft mit längerer Ruhe vertauschten. Auch die blassrothen dunkelkörnigen Spindelmonaden *(Rhabdomonas rosea)* wurden oft in ungeheurer Menge beobachtet; ihre Färbung ist so schwach, dass das Roth nur in grösseren Schaaren erkennbar wird. Lebhafter purpurn gefärbt waren die kurz cylindrischen dunkelkörnigen Körperchen der *Monas Okenii,* welche zu Tausenden einen rothen Bodensatz von schöner Fleischfarbe bildeten. Auch die *Clathrocystis roseo-persicina* zeigte sich in unregelmässigen pfirsichblüthrothen Schleimmassen und Säcken, wie wir sie oben schon beschrieben haben.

Von eigenthümlichen Formen hebe ich eine Monade hervor, die ich anderwärts noch nicht beobachtet habe; sie ist in Gestalt der *Monas Okenii* ähnlich, doch etwas robuster; ihr Körper ist wasserhell, von blassrothem, dichtem Protoplasma gebildet und nur an den beiden abgerundeten Enden mit dunkelrothen Körnchen erfüllt; die Länge beträgt 15—20 Mikrom., die Breite 8 Mikrom.; doch kommen auch kleinere vor; ihre Bewegung ist taumelnd, doch viel lebhafter als die der *Monas Okenii;* eine Flimmergeissel, die bereits Dr. Warming wahrgenommen, wird, wie bei jener Art, hinten nachgeschleift. Eigenthümlich ist das Verhalten der Körnchen bei der Quertheilung; während in der ungetheilten Monade die Mitte völlig körnerlos ist, bilden sich bei Beginn der Theilung von beiden Rändern her in der Mittellinie dunkle Körnchengruppen, welche in demselben Masse nach innen wachsen, als die Einfurchung selbst vorschreitet, so dass nach vollendeter Theilung jede Hälfte an ihren beiden Enden die charakteristischen Körnchenhaufen zeigt.

Von den Ehrenberg'schen rothen Monaden erinnert eine, *Monas erubescens,* durch ihr Vorkommen in salzigem Gewässer (Salzsee in der Kirgisensteppe bei Astrachan) wie durch ihre Eigestalt an unsere Form; doch halte ich diese wegen der charakteristischen Körnchenvertheilung und der bedeutenderen Grösse *(Monas erubescens* nach Ehrenberg $\frac{1}{72}$ mm. = 14 Mikrom.) für eine noch unbeschriebene Art, die ich nach ihrem Entdecker als *Monas Warmingii* aufführe; sie bildet oft ganz allein pfirsichblüthrothe Niederschläge im faulenden Wasser, indem sie in dichten Haufen bewegungslos sich ablagert und die Blätter und Conferven mit rother Färbung überzieht; nur einzelne Individuen zeigen dann Bewegung; die rothen

Monadenhaufen bedecken die modernden Pflanzen wie Fliegen, welche sich auf einer Zuckerschaale versammeln [1]).

11. *Ophidomonas sanguinea Ehr.* Taf. VI. Fig. 15. Selbstverständlich wimmelte das faulende Wasser auch von Bacterien verschiedener Formen; ganz besonders ausgezeichnet waren lebhaft bewegliche starre Spiralen von ungewöhnlicher Grösse, wie sie die auch durch mehrere kleinere Arten vertretene Gattung *Spirillum* kennzeichnen. Es sind walzliche Fäden von 3 Mikrom. Dicke und darüber, regelmässig pfropfenzieherartig gedreht; die Zahl der Windungen ist verschieden, meist zwei; doch finden sich ebensowohl

[1]) Das gesättigte, im Auskrystallisiren begriffene Salz-Wasser der Salinen an der französischen Mittelmeerküste zeigt häufig, insbesondere im Winter, eine schön rosenrothe Färbung mit violettem Reflex, welcher nach Dunal von einem nur am Boden befindlichen, kleinen *Protococcus* herrührt *(Pr. salinus* Dunal), während das Wasser selbst ungefärbt ist und nur das Colorit des Grundes reflectirt (*Rapport sur le Mémoire de M. Dunal sur les Algues qui colorent en rouge certaines eaux des marais salants méditerranés. Ann. des sc. nat. 2 sér.* Bot. IX. p. 172. 1838). In andern Reservoiren besitzt das Wasser selbst eine orange-rostrothe Farbe, mit gleichfarbigem Schaume; diese hatte die Mitglieder der Pariser Akademie in den Jahren 1837—1840 vielfach beschäftigt, indem als Ursache anfänglich (durch Payen) eine *Crustacee (Artemia salina)*, dann durch Dunal ein unbeweglicher *Haematococcus* (*H. salinus* Dunal), endlich durch Joly eine bewegliche zweiwimperige Monade (*Monas Dunalii* Joly) erklärt wurde. Wie ich schon in *Hedwigia* 1865 bemerkt, lassen Joly's Abbildungen in seinem *Mém. sur l'Artemia salina (Ann. d. sc. nat. 2 sér. zool. XIII.* 1840. Pl. 13. Fig. 8) keinen Zweifel darüber, dass *Monas Dunalii* nur die Schwärmzellen eines *Chlamydococcus* sind, welchen ich als *Chl. Dunalii* bezeichnet und dessen Ruhezustand *Haematococcus salinus* Dunal ist (vgl. Rab. Fl. Alg. Europ. III. p. 96). Dagegen lässt sich ohne neue Untersuchungen nicht entscheiden, ob der violette oder rosenrothe, sehr kleine *Protococcus salinus* wirklich nur ein Jugendzustand des *Haematococcus*, wie Dunal annahm, oder die ausgekrochenen Eier desselben darstellt, wie Joly meinte, oder ob er nicht vielmehr einer selbstständigen Art aus der Reihe der hier zusammengestellten, pfirsichblüth- oder rosenrothe Färbungen bildenden Organismen angehört. Von diesen sind die *Chlamydococcus*- und *Chroolepus*-Arten mit orange, ziegel- oder karminrothem Pigment, welches mit dem Chlorophyll in Zusammenhang steht, und oft durch Veilchengeruch charakterisirt ist, in ihrem gesammten physiologischen und entwickelungsgeschichtlichen Verhalten durchaus verschieden. Die von mir früher mehrfach ausgesprochene Ansicht, dass dieser Farbstoff ein orange-rothes Oel sei, muss ich nach neueren Untersuchungen dahin modifiziren, dass derselbe nur, gleich dem Chlorophyll, in fetten Oelen löslich ist; in abgestorbenen Zellen, wo das im Inhalt vertheilte Oel sich meist in grossen Tropfen sammelt, erscheinen diese daher durch das rothe Pigment ebenfalls gefärbt, bis dasselbe, ähnlich dem Chlorophyll, am Lichte zerstört wird und die Oeltropfen dann farblos sind.

Spiralen von $2\frac{1}{2}$ (15*), wie kürzere, bis zu einer halben Windung (15**); überhaupt variirt Grösse und Weite der Spiralen nicht unbedeutend; die Höhe der Spirale (der Abstand zwischen zwei Windungen) erreichte 9—12 Mikrom., der Durchmesser etwa $\frac{2}{3}$ der Höhe. Die einzelnen Spiralen sind scheinbar farblos, doch von zahlreichen stark lichtbrechenden röthlichen Körperchen dunkelkörnig; mitunter sind diese ungleich vertheilt, so dass die eine Hälfte der Windung körnerlos, die andere durch übermässige Körnchen fast undurchsichtig erscheint; in grösseren Massen sind die Spiralen deutlich röthlich schimmernd. In einem Gesichtsfeld schrauben sich oft Hunderte von Spiralen durch das Wasser, nicht allzurasch, mit wechselnden Ruhepausen, doch auch mitunter so schnell, dass das Auge die Windungen nicht mehr unterscheiden kann. Der Anblick dieser nach allen Richtungen durcheinander sich drehenden Schrauben ist namentlich bei schwächeren Vergrösserungen ein überaus fesselnder. Sie beschreiben oft grössere oder engere Kreise und verweilen daher lange im Gesichtsfeld; finden sie ein Hinderniss, so bleiben sie davor stehen, bis sie endlich umkehren und davonziehen. An ruhenden, oder langsamer bewegten Exemplaren fand ich leicht die lange Geissel auf, manchmal nur an einem Ende, bald unbewegt bogenförmig im Wasser ausgestreckt, bald in schlängelnden Biegungen kräftig umhergeschleudert; an längeren, der Theilung nahestehenden Spiralen wurden Geisseln an beiden Enden aufgefunden (15*). Dr. Warming bestätigte nicht blos die Anwesenheit der Geissel, sondern fand auch Exemplare, die an einem Ende zwei und selbst drei Geisseln besassen.

Unter welchem Namen sind die Spiralen des faulenden Wassers aus dem Sund im System aufzuführen? Schon im zweiten Hefte dieser Beiträge (p. 183) habe ich darauf aufmerksam gemacht, dass Ehrenberg am 18. Sept. 1836 bei Jena im Bassin des nämlichen Baches, in welchem er die rothe *Monas Okenii* entdeckt hatte, pfropfenzieherartig gewundene, verhältnissmässig grosse und mit einem sehr feinen Rüssel versehene Schraubenfäden aufgefunden, denen er den Namen *Ophidomonas jenensis* gegeben[1]); während diese Art als olivenbraun geschildert wird, besitzt eine zweite dün-

[1]) Vielleicht war es die nämliche Art, welche Perty (Kleinste Lebensformen p. 179) als *Spirillum rufum* beschreibt; er hatte an der Wand eines eine Woche stehenden Sumpfwassers beim Weggiessen Flecken gefunden, zwischen roth und blutroth, gegen zwei Quadratzoll bedeckend; eine kleine Portion der rothen Substanz war aus zahllosen schwach röthlichen Spirillen gebildet (vgl. l. c. Tab. XV. Fig. 29).

nere von Ehrenberg in brakischem blutrothem Wasser *(prope Cilonium)* entdeckte Species rothe Farbe und wird deshalb als *Ophidomonas sanguinea* unterschieden [1]).

Seitdem ist Ehrenberg's *Ophidomonas sanguinea* meines Wissens nicht mehr beobachtet worden; es unterliegt wohl keinem Zweifel, dass wir in den Schrauben der rothen Fäulnissprodukte vom Sund die verschollene *Ophidomonas sanguinea* Ehr. wieder entdeckt haben; ob dieselbe von der Jenenser Art, die anscheinend ein ganz ähnliches Vorkommen zeigt, wirklich verschieden, wird sich erst dann beurtheilen lassen, wenn die letztere an ihrem alten Fundort auf's neue untersucht worden ist.

Aber auch eine zweite Gattung macht auf unsere Art Anspruch; nämlich die Bacteriaceengattung *Spirillum;* seitdem wir bei dem alten *Spirillum volutans* Flimmergeisseln aufgefunden, besteht zwischen *Spirillum* und *Ophidomonas* überhaupt kein Unterschied, vorausgesetzt, dass auch bei den kleineren Spirillen Bewegungsorgane noch nachträglich erkannt werden sollten. Wir haben daher nur die Wahl, entweder *Ophidomonas* als selbstständige Gattung zu streichen, und unsere Art etwa unter dem Namen *Spirillum sanguineum* gewissermassen als das Mammuth unter die Bacterien einzureihen, oder umgekehrt die mit Flimmergeisseln nachweislich ausgerüsteten Schraubenfäden *(volutans, jenensis* und *sanguinea),* unter *Ophidomonas* zusammenzufassen, und den Namen *Spirillum* ausschliesslich für die kleineren Species *(tenue, Undula)* so lange beizubehalten als an ihnen noch keine Geisseln entdeckt sind. Sollte dies geschehen, so würde umgekehrt der Name *Spirillum* zu löschen sein.

12. *Verhältniss der Bacterien zu den Monaden.* Wichtiger als der Namensstreit ist die Frage: Können Arten, welche sich mit Hülfe von Flimmergeisseln bewegen, zu der nämlichen Familie der Bacteriaceen gestellt werden, von denen wir wenigstens bis jetzt annehmen müssen, dass ihre Bewegung nicht durch besondere Organe vermittelt wird? Ich habe diese Frage bereits im zweiten Hefte der Beiträge angeregt (l. c. p. 185); sie tritt dringender an uns heran, wenn wir die hier als Monaden zusammengestellten rothen Organismen überblicken. Hätten wir nicht an ihnen die nachschleppende Geissel wahrgenommen, wir würden kaum Bedenken getragen haben, sie als Bacterien aufzuführen; wenn sie auch die meisten Arten der letzteren in ihrer Grösse übertreffen, so kann dies doch keinen

[1]) Monatsberichte der Berliner Akademie 1840 p. 201.

generischen Unterschied abgeben. Vielleicht besitzen alle Bacterien Flimmergeisseln, wie dies Ehrenberg von jeher behauptet hat. Sollte dies der Fall sein, so würde eine Trennung derselben von den mundlosen und daher keine feste Nahrung aufnehmenden, starren Monaden sich kaum rechtfertigen lassen, und es würden insbesondere *Monas Okenii, Warmingii, vinosa,* sowie die *Rhabdomonas rosea* ihren Platz in der Nähe der Bacterien finden. Dass auch unsere *Clathrocystis roseo-persicina* zu den Kugelbacterien auffallende Beziehungen darbietet, ergiebt sich schon aus der Thatsache, dass dieselbe in ihren verschiedenen Entwickelungszuständen von E. R. Lankester als ein pfirsichblüthrothes Bacterium beschrieben worden ist.

Auf der andern Seite steht die von uns betonte Verwandtschaft gewisser Bacterien mit den *Oscillarien* und *Spirulinen,* welche Bewegungen zeigen die nicht durch Flimmergeisseln vermittelt sind, und dadurch von den geisselführenden Monaden weit abzuweichen scheinen. Es wird einer monographischen Untersuchung der Monaden bedürfen, um über die richtige Stellung dieser Organismen endgiltig zu entscheiden.

13. *Stark Lichtbrechende Körnchen in Bacterien und Beggiatoen.* Wir kommen schliesslich noch auf die dunklen Körnchen zurück, welche, wie wir oben gesehen, die meisten der rothen Organismen besitzen. Ihre chemische Natur ist bisher nicht ermittelt worden; doch hat man die Körnchen eben für charakteristische Eigenthümlichkeiten der betreffenden Arten angesehen; Ehrenberg hat dieselben als Magenbläschen oder Eier aufgefasst. Das Vorkommen stark lichtbrechender Körnchen beschränkt sich auch nicht auf die rothen Formen; auch an farblosen Bacterien verschiedener Arten sind dieselben längst beobachtet (vergl. unsere Abbildung und Beschreibung von *Bacterium Lineola* [Heft II. der Beiträge Taf. III. Fig. 11], *Bacillus Ulna* [l. c. Fig. 15], *Spirillum volutans* [l. c. Fig. 21]); von letzterer Art führt Perty eine Varietät *leucomelainum* auf (Kleinste Lebensformen pag. 197. tab. V. f. 31), deren Glieder intensiv schwarz, durch hyaline Räume getrennt sein sollen, vermuthlich durch ungleiche Vertheilung der Körnchen wie bei unserer *Ophidomonas sanguinea.*

Am bekanntesten ist das Vorkommen der dunklen Körnchen in der Gattung *Beggiatoa,* deren Fäden sich von den nächst verwandten *Oscillarien* nur durch den Mangel des *Phycochrom,* der spangrünen aus *Chlorophyll* und *Phycocyan* zusammengesetzten Pigmentverbindung, unterscheiden. Wenn der Mangel dieser Pigmente den farblosen *Beggiatoen* die Fähigkeit des Assimilirens rein anorganischer

Nährlösungen abzusprechen und sie auf eine den Pilzen analoge Ernährungsweise durch Aufnahme gewisser organischer Verbindungen anzuweisen scheint, so steht damit anscheinend in Widerspruch, dass die *Beggiatoen* zwar nicht selten auch in faulendem Wasser (im Schlamm stinkender Gräben, Fabrikwässer etc.), in welchem reichlich organische Stoffe gelöst sind, sich entwickeln; dass aber ihr Hauptvorkommen in Mineralquellen, und insbesondere in Thermen zu suchen ist, in denen zwar ein grosser Reichthum von Mineralstoffen, dagegen keine bedeutende Menge organischer Verbindungen nachgewiesen ist. Die *Beggiatoen* sind, wie längst bekannt, die charakteristischen Bewohner der Schwefelthermen; in keiner derselben, wie die Untersuchungen der Pyrenäen-, Alpen- und Euganeenbäder, von Aachen, Warmbrunn, Baden bei Wien und im Aargau etc. ergeben, sind die *Beggiatoen* vermisst worden, welche als weisse schleimige Massen den Boden des Wassers überziehen oder in schleimigen Flocken umherschwimmen *(Barègine, Glairine)*. So zweifelhaft der Werth der bisher unterschiedenen Species, so leicht erkennbar ist die Gattung *Beggiatoa* selbst an den langen, dünnen, überaus kräftig bewegten, meist anscheinend ungegliederten Fäden, in denen bald grössere bald kleinere Körnchen dichter oder lockerer in die farblose Substanz angelagert sind.

14. *Schwefelwasserstoffentwickelung durch Beggiatoen.* Schon im Jahre 1862 wurde ich auf die Bedeutung der *Beggiatoen* aufmerksam, durch die Beobachtung, dass die farblosen schleimigen Massen, welche spinnwebenartig den ganzen Felsgrund des Georgenbassins zu Landeck in Schlesien überziehen und hauptsächlich von *Beggiatoen* gebildet werden, bei der Entwickelung des im Landecker Wasser vorkommenden freien Schwefelwasserstoffs eine Rolle spielen müssen, indem sie die in der Quelle ursprünglich vorkommenden Schwefelverbindungen zersetzen; ich schloss dies aus der Beobachtung, dass Flaschen mit Landecker Wasser, in welchem diese Algen enthalten waren, beim Oeffnen einen starken Geruch nach Schwefelwasserstoff entwickelten; dieser Geruch verlor sich, sobald das Wasser Behufs Untersuchung der Algen in eine offene Schüssel gegossen, erzeugte sich aber nach wenig Stunden von neuem, sobald das Wasser mit den Algen in die Flasche zurückgebracht worden war[1]). Lothar Meyer wies auf Veranlassung einer im Febr. 1863 vorgenommenen Analyse

---

[1]) Jahresbericht der Schlesischen Gesellschaft für vaterländische Cultur für 1863 p. 83. *Hedwigia* 1863. No. 12 p. 80. Jahresbericht der Schlesischen Gesellschaft für 1874 S. 3 der Botanischen Section vom 29. Nov. p. 32.

der Landecker Thermalquellen nach, dass dieses Wasser über fünfmal mehr freien Schwefelwasserstoff (5,07—7,24 CC. HS. im Liter) enthielt, nachdem dasselbe zugleich mit den *Beggiatoen* 4 Monate lang in verschlossenen Glasflaschen aufbewahrt war, als das frische Thermalwasser, welches nur 0,92—1,65 CC. freien HS. enthält, und dass es dann sehr stark nach diesem Gase roch, während dasselbe Wasser, ohne Algen aufbewahrt, geruchlos und frei von Schwefelwasserstoff ist; er erklärte es für zweifellos, dass die Algen die im Wasser enthaltenen Sulfate (insbesondere schwefelsaures Natron, wovon der Liter 0,0687—0,0822 Gm. enthält) zu Schwefelwasserstoff resp. Schwefelnatrium zu reduciren vermögen, und für sehr wahrscheinlich, dass überhaupt der Schwefelwasserstoff der Quelle durch jene Algen erzeugt werde [1]).

In Verfolg dieser Beobachtungen zeigte ich im Jahre 1865, dass der kreideweisse, schleimig fädige Ueberzug, welcher sich in einem Seeaquarium auf dem mit Kies belegten und im Laufe der Zeit mit zersetzten Thier- und Pflanzenresten bedeckten Grunde derselben bildet, die Steine überzieht, und an Stengeln und Aesten grösserer Seepflanzen emporkriecht, reichlich Schwefelwasserstoff entwickelt; daher wird nicht nur der eisenhaltige Sand in der ganzen Umgegend geschwärzt, sondern auch Thiere und Algen in der Nähe getödtet [2]). In meinem Aufsatze über Entstehung des Travertin in den Wasserfällen von Tivoli [3]) und über *Pycochromaceen* [4]) bin ich auf den Ursprung des freien Schwefelwasserstoffs durch *Beggiatoen* und andere *Oscillarineen* wiederholt zurückgekommen.

Die von Dr. Warming im Winter 1874 mir zugeschickten Proben des Wassers von den dänischen Küsten entwickelten einen überaus intensiven Geruch nach Schwefelwasserstoff, so dass es nicht möglich war die Flaschen offen im Zimmer stehen zu lassen, dieser Geruch hielt Wochen lang unverändert an; er entwickelt sich in demselben Grade auch in der freien Natur derart, dass er den Bewohnern der ganzen Küste zwischen Kopenhagen und Helsingör lästig wird und alles Silber schwarz färbt.

15. *Ausscheiden von Schwefel an der Oberfläche fauligen Wassers.* Das von Dr. Warming mir zugeschickte Wasser wurde in grosse Glascylinder ausgegossen, die mit Glasplatten bedeckt waren;

---

[1]) L. Meyer, Chemische Untersuchung der Thermen zu Landeck in der Grafschaft Glatz. Journal für praktische Chemie XCI. I.

[2]) Zwei neue *Beggiatoen*. Hedwigia 1865. No. 6. p. 81.

[3]) Leonhard's Jahrbücher für Mineralogie 1864. p. 607.

[4]) Max Schultze, Archiv für mikroskopische Anatom. 1867.

in wenig Tagen bildete sich an der Oberfläche des Wassers ein weisses staubartiges Häutchen, welches einem hineingetauchten Glasstab adhärirte und sich so auf das Objectglas bringen liess; die, feiner Schlemmkreide oder dem *Semen Lycopodii* ähnelnde Substanz besteht unter dem Mikroskop aus kleinen stark lichtbrechenden Körnchen die mit verdünnten Säuren nicht aufbrausen, dagegen in Schwefelkohlenstoff sich auflösen; durch Kochen in Aetzkali werden dieselben zu grösseren gelben Massen verschmolzen, die sich in Wasser lösen; Nitroprussidnatrium färbt diese Lösung violett; über der Flamme schmelzen die Körnchen zu grösseren gelben Tropfen zusammen und entwickeln deutlichen Geruch nach schwefliger Säure. Aus alle dem ergiebt sich, dass die weisse pulvrige Substanz regulinischer Schwefel ist, der bei langsamem Luftzutritt aus dem Schwefelwasserstoffgas durch Oxydation präcipitirt ist *(Sulfur praecipitatus)*. Das weisse Schwefelpulver vermehrte sich fortdauernd Monate hindurch an der Oberfläche des Wassers, zeigte in grösseren Massen einen deutlichen Stich ins Gelbe und fiel allmählich zu Boden, indem es die im Wasser befindlichen Pflanzenreste einhüllte und einen starken Bodensatz bildete.

Die reichliche Bildung präcipitirten Schwefels an der Oberfläche des mit modernden Pflanzenstoffen und mit verschiedenen, zum Theil rothen Fäulnissorganismen belebten Wassers setzt ohne Zweifel zwei Bedingungen voraus:

1) Eine grössere Menge von Sulfaten im Wasser, aus denen durch die Einwirkung von Organismen freier Schwefelwasserstoff entwickelt wird und

2) Mangel von Eisenverbindungen, da sich sonst schwarzes Schwefeleisen im Wasser bilden müsste, wie dies in unsern faulenden Gräben gewöhnlich stattfindet. Diese beiden Bedingungen mögen in der Regel wohl an den Seeküsten, dagegen nur ausnahmsweise im Binnenlande vereinigt sein, weil sonst die Erzeugung von präcipitirtem Schwefel in faulenden Gewässern eine viel häufigere Erscheinung sein müsste.

Eine andere Frage ist, ob die Entwicklung des freien Schwefelwasserstoffs in dem Wasser der dänischen Küsten durch eine rein chemische Einwirkung der faulenden organischen Gewebe auf die schwefelsauren Salze zu erklären, oder ob sie nicht vielmehr den im Wasser lebenden mikroskopischen Organismen zuzuschreiben ist? Ich bin nicht im Stande zu entscheiden, ob auch bei völliger Abwesenheit von Fäulnissorganismen jene Umwandlung der Sulfate in Sulfide durch die in Vermoderung begriffene organische Substanz

möglich ist; ich halte es aber nicht für zweifelhaft, dass die lebenden Organismen bei diesem Process die Hauptfactoren sind.

Zunächst fehlen in dem Wasser der dänischen Küste nicht die weissen *Beggiatoen,* von denen, wie ich oben angeführt, der freie Schwefelwasserstoff der Thermalquellen vermuthlich ausschliesslich entwickelt wird. In den faulenden Flüssigkeiten vegetiren zahllose weisse Flöckchen, die entweder an der Oberfläche schwimmen, oder an den Pflanzenresten festsitzen; sie bestehen aus weissen, 1,5 bis 2,3 Mikrom. dicken, dunkelkörnigen, meist büschelförmig von einem Mittelpunkt ausstrahlenden *Beggiatoen (B. alba)*; Warming beobachtete auch in dem nämlichen Wasser die merkwürdige *Beggiatoa mirabilis*, welche ich zuerst vor einem Decennium am Boden eines Seeaquariums in Form kreideweisser fädiger Massen entdeckt hatte. Schon früher hatte Oersted in den Lachen an der dänischen Küste beobachtet, dass die faulenden Pflanzen mit den weissen lang ausstrahlenden Fäden einer *Beggiatoa (B. Oerstedii* Rab. Flor. Alg. europ. p. 95; *Leucothrix Mucor Oersted de regionibus marinis* p. 44) schleimartig überzogen seien.

Ich halte es aber für nicht unwahrscheinlich, dass die rothen Organismen, deren massenhafte Entwickelung wir früher geschildert, an der Entbindung des freien Schwefelwasserstoffs ebenso gut betheiligt sind, als dies von den *Beggiatoen* durch allseitige Beobachtung feststeht. Schon die Thatsache, dass diese Organismen in einem Wasser sich lebendig erhalten, welches Schwefelwasserstoffgas bis zur Sättigung gelöst enthält, beweist eine Anpassung an Lebensbedingungen, welche für die übrigen Thiere und Pflanzen tödtlich sind; ja diese rothen Organismen, ebenso wie die *Beggiatoen,* scheinen ausschliesslich unter diesen Verhältnissen sich zu vermehren.

Bereits Chr. Morren fand in einer Schwefelquelle bei Ougrée an der Maass, welche schon in der Ferne sich durch ihren Geruch nach Schwefelwasserstoff bemerklich macht und mit einem milchweissen Schwefelabsatz die untergetauchten Pflanzen bedeckt, neben *Beggiatoen* und *Oscillarien* rosenrothe Flecken durch eine Monade *(Monas rosea* Morren)[1]).

Vielleicht gehört hierhin auch die rosen- oder weinrothe *Monas sulfuraria,* welche Fontan und Joly in den Schwefelthermen bei Sales in den Pyrenaeen gefunden haben[2]).

[1]) *Recherches sur la rubéfaction des eaux* p. 73. Tab. V. Fig. 25—27.

[2]) *Mém. de l'Acad. d. sc. et bell. lett. de Toulouse 1844.* Diesing, Revision der *Prothelminthen,* Sitzungsberichte der Wiener Akademie LII. p. 28. 1866.

Während Meneghini 1842 in den Schwefelthermen der *Euganeen* einen äusserst kleinzelligen pfirsichblüthrothen *Pleurococcus* (*Protococcus persicinus* Menegh. Monogr. Nostoc. ital. p. 13. c. 1; Kütz. Spec. Alg. p. 196; Tab. phyc. I. t. 1; Rab. Flor. Alg. eur. III. p. 28) als schleimige rothviolette Schicht beschreibt, habe ich selbst den Boden des zur Ableitung der heissen Schwefelquellen von Tivoli bei Rom angelegten Kanals am *Ponte della Salfatara* mit fleisch- oder blutrothen gallertigen Krusten bedeckt gefunden, die ich als „*Palmella persicina*“ bezeichnete und für identisch mit dem Meneghini'schen *Protococcus* hielt[1]).

Nun ist aber anzunehmen, dass in Wasser, welches viel Schwefelwasserstoff enthält, kein freier Sauerstoff vorhanden sein kann, dessen Anwesenheit doch für die Respiration ebensowohl der Thiere wie der Pflanzen als unentbehrlich angenommen wird; die rothen Fäulniss-Organismen müssen daher gleich den *Beggiatoen* die Fähigkeit besitzen, auch in sauerstofffreiem Wasser sich normal zu entwickeln und zu vermehren; nicht minder müssen sie den giftigen Einwirkungen des Schwefelwasserstoffgases Widerstand leisten[2]). Ohne Zweifel bilden daher alle die von uns hier aufgeführten Arten, trotz ihrer systematischen Verschiedenheiten eine durch eigenthümliche Lebensthätigkeiten charakterisirte Gruppe lebender Wesen. Es würde vorläufig nur zu unerweisbaren Hypothesen führen, wollte ich den Versuch machen, über die Ernährungsvorgänge der Fäulniss-Organismen in schwefelwasserstoffhaltigem, sauerstofffreiem Wasser Vermuthungen auszusprechen; es ist jedoch wohl nicht allzugewagt, nachdem die Zerlegung von schwefelsauren Salzen und die Entbindung von freiem Schwefelwasserstoff als eine in den Kreis der Lebensvorgänge eingereihte Thätigkeit für eine Anzahl der betreffenden Organismen ermittelt ist, auch für die übrigen unter gleichen Bedingungen existirenden Arten dieselben Vorgänge vorauszusetzen.

16. *Ausscheidung von Schwefel in den Zellen der Fäulniss-Organismen und Beggiatoen.* Aber noch eine andere überraschende Beziehung zum Schwefel lässt sich für die *Beggiatoen* wie für die rothen Fäulniss-Organismen erkennen. Ich habe bei der Beschreibung der letzteren überall das Auftreten von dunklen, stark lichtbrechenden Körnchen hervorgehoben, welche bald mehr bald weniger zahlreich, oft so massenhaft vorhanden sind, dass die Körperchen

---

[1]) Entstehung des Travertin in den Wasserfällen von Tivoli l. c. p. 606.

[2]) Auch die Euglenen bleiben in schwefelwasserstoffhaltigem Wasser lebendig und vermehren sich in solchem.

fast undurchsichtig, scheinbar schwarz aussehen. Ganz ähnliche Körnchen erfüllen die *Beggiatoen;* in dem Wasser der dänischen Küsten erscheinen die Fäden oft auf längern Strecken fast schwarz, indem sie von den kleinen, dicht an einander gedrängten Körnchen vollgestopft sind. Diesen Anblick gewähren die Fäden allerdings nur, wenn sie, wie gewöhnlich, auf dem beleuchteten Gesichtsfeld des Mikroskops beobachtet werden; auf verdunkeltem Gesichtsfeld erscheinen dagegen die dunklen Körnchen weiss; dasselbe ist der Fall, wenn die Fäden unter polarisirtem Lichte bei gekreuzter Stellung der Nicol's betrachtet werden; sie sind dann selbstleuchtend, weiss.

Ueber die chemische Natur der Körnchen in den *Beggiatoen* sind wir zuerst durch eine von J. Meyer-Ahrens bestätigte Untersuchung von Cramer unterrichtet worden [1]).

Die heissen Quellen von Baden im Aargau (45,5 – 47° C.) verbreiten einen mehr oder minder starken Geruch nach Schwefelwasserstoff, und setzen einen Anflug von Schwefel in allen Quellenfassungen ab, welche der Luft nur einen beschränkten Zutritt gestatten; bei freiem Luftzutritt dagegen bemerkt man keine Spur von Schwefel, an seiner Stelle reichliche Gipsdrusen, ohne Zweifel, weil in der erhöhten Temperatur der Räume und bei Gegenwart von Kalk in stets sich condensirenden Wasserdämpfen der Schwefel zu Schwefelsäure oxydirt wird. In diesem Thermal-Wasser befindet sich stets eine üppige Vegetation von *Beggiatoen (B. nivea* Rab.), deren Fäden von Schwefelkrystallen dicht durchsetzt sind, und während eines ganzen Jahres in Thermal-Wasser aufbewahrt, jedesmal wieder Schwefelwasserstoff entwickeln. Die älteren *Beggiatoa*fäden enthalten, wie gewöhnlich, grössere und kleinere, in 1—2 unregelmässige Reihen geordnete, ungemein stark lichtbrechende Körnchen; diese Körnchen lösen sich weder in Salzsäure, noch in kochendem Wasser, wohl aber in einem Ueberschuss von absolutem Alcohol, in Kali und schwefligsaurem Natron in der Wärme, in Salpetersäure und chlorsaurem Kali bei gewöhnlicher Temperatur, sowie in Schwefelkohlenstoff, wenn die schwer permeable Membran vorher durch Schwefelsäure zerstört ist. Cramer hat hieraus den Schluss gezogen, dass die scheinbar schwarzen Körnchen aus Schwefel bestehen.

Die *Beggiatoen* aus dem Wasser von Kopenhagen bestätigen diese merkwürdige Entdeckung. Cramer gelang es allerdings nicht,

---

[1]) Dr. Chr. Müller, Chemisch-Physikalische Beschreibung der Thermen von Baden in der Schweiz. Baden 1870.

die Körnchen der im Wasser oder Alcohol liegenden *Beggiatoen* durch Schwefelkohlenstoff aufzulösen, offenbar weil unter diesen Verhältnissen der Schwefelkohlenstoff nicht ins Innere der Fäden einzudringen vermag. Wenn man aber ein Büschel von *Beggiatoen*fäden auf dem Objectglas auftrocknet und dann Schwefelkohlenstoff zusetzt, so vereinigen die Körnchen sich zu grösseren Klümpchen; schliesslich nimmt immer je ein Klümpchen die ganze Breite des Fadens ein, so dass dieselben in einfacher Reihe in den Fäden geordnet sind; nun erkennt man auch Querscheidewände in den Fäden zwischen den Klümpchen, bei andauernd wiederholtem Zusatz von Schwefelkohlenstoff werden die Klümpchen vollständig aufgelöst und verschwinden; die Fäden sind dann ganz klar, körnerlos, und nun deutlich gegliedert, wie *Oscillarien,* während in den körnigen Fäden bekanntlich Gliederung nicht wahrnehmbar ist; die Glieder sind etwa um die Hälfte länger als breit. Erhitzt man *Beggiatoa*fäden auf dem Objectglas, so schmelzen die Körnchen ebenfalls zu grossen gelblichen Tropfen zusammen und entwickeln Geruch nach schwefliger Säure. Es kann nach diesen Beobachtungen wohl nicht bezweifelt werden, dass die Körnchen in den *Beggiatoen* des faulenden Wassers, ebenso wie in den Badener Thermen, aus Schwefel bestehen; ob es Krystalle sind, vermochte ich wegen der Kleinheit und dem starken Lichtbrechungsvermögen derselben nicht mit Bestimmtheit zu unterscheiden; da sie jedoch gegen polarisirtes Licht sich als doppelbrechend verhalten, so ist an ihrer krystallinischen Textur wohl nicht zu zweifeln.

Aber die Körnchen in den *Beggiatoen*fäden sind offenbar nicht verschieden von den stark lichtbrechenden Körnchen, die wir in allen rothen Fäulnissorganismen beschrieben haben. Zwar lassen sich bei diesen chemische Reactionen schwieriger anstellen, weil sich das Hauptlösungsmittel des Schwefels, der Schwefelkohlenstoff, mit Wasser nicht mischt, und es muss deshalb der Tropfen mit den rothen Organismen erst auf dem Objectglas austrocknen, bevor man dieselben mit dem Deckglas bedecken, und den CS_2 zwischen Deck- und Objectglas zutreten lassen kann; indess ist es mir bei mehreren Arten, insbesondere bei *Clathrocystis roseo-persicina, Monas Okenii* und *Ophidomonas (Spirillum) sanguinea* gelungen, die Körnchen in Schwefelkohlenstoff aufzulösen; bei *Ophidomonas* blieben an Stelle der verschwundenen Körnchen leere Räume im dichteren Plasma zurück; Gliederung wurde jedoch nicht deutlich.

So haben sich denn bei den hier betrachteten Organismen höchst merkwürdige biologische Uebereinstimmungen herausgestellt, die

offenbar mit ihrer Anpassung an Lebensbedingungen in Zusammenhang stehen, welche für die übrigen lebenden Wesen tödtlich sind: einerseits eine Entwicklung von Schwefelwasserstoffgas durch Zerlegung von schwefelsauren Salzen, andererseits eine Abscheidung von regulinischem Schwefel im Protoplasma in Form von Körnern oder Krystallen. Letzteres scheint darauf hinzuweisen, dass der Schwefelwasserstoff von den Fäulnissorganismen absorbirt, und in ihren Zellen selbst oxydirt wird. Cramer hat die Vermuthung ausgesprochen, dass die der Verwesung anheimfallenden *Beggiatoa*fäden aus den Sulfaten des Wassers den Schwefel reduciren, und dass jene mit schwarzen Körnchen erfüllten *Beggiatoen* abgestorbene verwesende Fäden seien (l. c. p. 16). Unsere Beobachtungen machen es aber zweifellos, dass die lebenden, lebhaft bewegten *Beggiatoen* und rothen Fäulnissorganismen bereits jene dunklen Körnchen enthalten, und dass hiernach die Abscheidung des Schwefels und die Entwicklung des Schwefelwasserstoffs bereits in den lebenden Organismen stattfindet.

17. *Bacteriopurpurin. Bacillus ruber.* Taf. VI. Fig 17. *Micrococcus fulvus.* Taf. VI. Fig. 18. Der Gedanke liegt nahe, dass auch der eigenthümliche pfirsichblüth-rothe Farbstoff *(Bacteriopurpurin),* der sehr verschiedenartigen, aber unter gleichen Bedingungen existirenden Organismen zukommt, auf eine gemeinschaftliche Ursache, etwa auf eine Schwefelverbindung, zurückzuführen ist; doch haben meine bisherigen Beobachtungen kein massgebendes Resultat gewinnen lassen.

Dass der pfirsichblüthrothe Farbstoff der hier beschriebenen Organismen verschieden ist von dem des *Micrococcus prodigiosus,* ist, wie schon oben berührt wurde, durch die spectroskopische Untersuchung von Lankester festgestellt worden. Dem Tone nach ähnelt derselbe dem Farbstoff der *Palmella cruenta,* welche bekanntlich häufig in einfacher Zellschicht im Herbst den feuchten Erdboden bedeckt; doch ist letzteres Pigment anscheinend wohl näher dem purpurnen Farbstoff der *Phycochromaceen, Chantransien* und *Bangien* verwandt, welcher aus einer Verbindung von Chlorophyll und einem purpurrothen Körper, vielleicht dem *Phycoerythrin* der Florideen hervorgegangen ist[1]), während in dem pfirsichblüthrothen *Bacteriopurpurin,* wie in dem Pigment des *Micrococcus prodigiosus,* kein Chlorophyllsubstrat erkennbar ist.

Verschieden von den hier geschilderten scheinen zwei rothe,

[1]) Vergleiche meinen Aufsatz über *Phycochromaceen.* M. Schultze's Archiv 1867.

durch Bacterien erzeugte Farbstoffe zu sein, welche ich hier anschliesse, obwohl es mir nicht möglich war, die Natur derselben genauer festzustellen. Durch die Güte des Herrn Dr. Frank in Leipzig erhielt ich gekochten, mit Hühnerbouillon versetzten Reis, auf dessen Oberfläche, nachdem derselbe eine Nacht hindurch in einer offenen Schüssel gestanden, sich im September 1873 im feuchten dunklen Raume eine mennig- oder ziegelrothe Färbung gebildet hatte. Eine Portion frischen Reises, welche einfach neben den befallenen offen hingestellt wurde, blieb intact, eine andere eben solche Portion, welche an einen andern Ort gestellt, und auf welche ein rothes Reiskörnchen gelegt worden war, röthete sich über Nacht. Zwei gefärbte Reiskörner wurden im März 1874 im pflanzenphysiologischen Institut zu frischem gekochten Reis gelegt: das Pigment vermehrte sich zwar nur schwach; doch entwickelte sich ein dünner rother Schleim, gebildet aus den längeren Stäbchen der Gattung *Bacillus*. Dr. Frank hatte dieselben bereits als frei und lebhaft beweglich, nicht in Schleim eingebettet, beobachtet, bei den in Breslau cultivirten waren die Stäbchen entweder isolirt, oder zu 2 oder 4 aneinanderhängend; die meisten todt, doch auch viele bewegt, häufig waren 2—4 stärker lichtbrechende Körnchen im Stäbchen eingeschlossen. Die Färbung ist insofern interessant, als Bacillen bis jetzt noch nicht als Pigmentbacterien beobachtet worden sind; nach den von mir befolgten Principien muss ich dieselben als eine besondere Art betrachten, die — im Einverständniss mit dem Entdecker Frank — als *Bacillus ruber* bezeichnet werden soll. (Taf. VI. Fig. 17.)

Auf Pferdemist, welcher im pflanzenphysiologischen Institut zum Zwecke von Pilzculturen von Dr. Eidam unter einer Glasglocke feucht erhalten wurde, erschienen im Winter 1874 rostrothe kegelförmige Tröpfchen in grosser Anzahl neben einander; diese Tröpfchen, etwa $\frac{1}{2}$ mm. im Durchmesser, waren von ziemlich fester Consistenz; sie vergrösserten sich, flossen auch zusammen, und bildeten grössere Schleimüberzüge; sie bestanden aus einem *Micrococcus*, dessen kuglige oder paarweise zusammenhängende Zellen durch zähe Intercellularsubstanz verbunden, etwas grösser erschienen, als die der meisten pigmenterzeugenden Kugelbacterien (etwa 1,5 Mikrom.). Der sehr charakteristische Farbstoff bezeichnet wohl eine selbstständige Art, die als *Micrococcus fulvus* aufgeführt werden mag (Taf. VI. Fig. 18). Herr Dr. Kirchner hat die nämliche Art auf Pferdemistkulturen auch in Proskau erhalten.

18. *Rothe Milch.* Ein eigenthümliches Vorkommen des *Micro-*

coccus prodigiosus wurde von mir im Juli 1873 beobachtet. Herr Dr. Eichelberg in Hanau schickte saure Milch, welche wie mit Blut gemischt aussah; sie hatte 40 Stunden in der Wohnstube im Ofen gestanden und durchaus eine schön purpurrothe Farbe angenommen; die eingesendete Probe war beim Durchschütteln gleichmässig rosa gefärbt; beim Stehen sammelten sich auf der Oberfläche schön purpurrothe Tropfen; die Bildung der rothen Milch wiederholte sich zu drei verschiedenen Malen. Ein ähnliches Vorkommen von rother Milch wurde mir kurz darauf hier in Breslau mitgetheilt; dass es auch sonst nicht selten vorkommt, entnehme ich aus Literaturangaben. So führt z. B. der Director der Schweizer Milch-Versuchstation zu Thun R. Schatzmann in seiner Volksschrift: Anleitung zum Betrieb der Sennerei, Aarau 1872, unter den Fehlern der Milch neben der blauen auch rothe oder blutige Milch auf, deren Ursache von Verletzungen des Euters oder Ausströmen des Bluts ins Innere der Zitzen abgeleitet wird.

Die wahre Ursache der rothen Milch, welche ich von Hanau und Breslau beobachtete, ist jedoch der *Micrococcus prodigiosus,* der sich in derselben entwickelt, und in bekannter Weise auf der Oberfläche karminrothe Tröpfchen bildet, oder grössere Flächen mit seinen rothen Gallertmassen übergiesst. Hierbei konnte ich die Bemerkung machen, dass das rothe Pigment, welches bekanntlich in Wasser unlöslich ist, dagegen von Alcohol und Aether gelöst wird, auch in den Buttertröpfchen der Milch löslich ist; diese waren es, welche in Folge dessen eine schöne rothe Farbe annahmen, und in ihrer feinen Vertheilung die ganze Milch rosa färbten, oder in grösseren rothen Augen oben auf schwammen. Indem ich solche rothe Fetttropfen in einer Glascapillare vorsichtig derart aufsaugte, dass der Zutritt des Milchserum verhindert blieb, konnte ich mit Hülfe eines Browning'schen Mikrospectroscops das Spectrum der rothen Butter feststellen; die charakteristischen totalen Absorptionsstreifen im Grün und Blau erwiesen die Identität mit dem Farbstoff des *Micrococcus prodigiosus* [1]). Die Methode verdient einiges Interesse, insofern sie die Benutzung des Spectroscops zur Identificirung mikrospischer Wesen bekundet, deren sichere Unterscheidung auf andere Weise schwerlich möglich ist. Dass der Farbstoff des *Micrococcus prodigiosus* in Fetten löslich ist, konnte ich auch direct erweisen, indem ich kleine Mengen des rothen *M. prodigiosus* von einer gekochten Kartoffel auf ein Objectglas brachte, mit einem

[1]) Vergl. Schröter Heft II. dieser Beiträge p. 115.

Oeltropfen übergoss, und dann mit dem Deckglas bedeckte; nach kurzer Zeit war das Oel geröthet, und Glascapillaren, in welche dasselbe eingesaugt wurde, zeigten unter dem Mikro-Spectroskop die charakteristischen Absorptionsstreifen. Es stimmt daher der Farbstoff des *Micrococcus prodigiosus* bei aller sonstiger Verschiedenheit doch in sofern mit dem Chlorophyll überein, als beide in Wasser unlöslich, dagegen in Alcohol, Aether und fetten Oelen, so wie in Protëinsubstanzen löslich sind. In sauer gewordener Milch bilden sich übrigens bekanntlich auch andere Pigmente durch chromogene Bacterien, und zwar ausser dem schon früher häufig beobachteten citrongelben und blauen, auch der saftgrüne Farbstoff des *Micrococcus chlorinus* in solcher Menge, dass grosse Quantitäten schön gelbgrünen Milchserum's abgezogen werden konnten. (Vergleiche übrigens Schröter, Heft II. dieser Beiträge p. 120 und p. 155, der, wie ich glaube, bereits den nämlichen Farbstoff in der Milch beschreibt.)

19. *Myconostoc gregarium* n. g. et sp. Taf. V. Fig. 6. In meinen früheren Abhandlungen über die Bacteriaceen von 1853 und 1872 habe ich die Ansicht zu begründen gesucht, dass dieselben in zwei Hauptgruppen sich vertheilen, die sich an verschiedene Algenkreise enger anschliessen, und dem entsprechend auch in der Entwicklung sich etwas verschieden verhalten. Die beiden Gattungen *Micrococcus* und *Bacterium* nämlich schliessen sich am nächsten an die *Chroococcaceen* an, und kommen gleich diesen im Ruhezustande als Schleimfamilien (*Zoogloea*form) vor: die Gattungen *Bacillus Vibrio* und *Spirillum* dagegen, welche sich zunächst an die *Oscillarien* anreihen, werden niemals in Gallertmassen beobachtet, wohl aber gehen aus ihnen im Ruhestande *Leptothrix*artige Fäden hervor (Heft II. dieser Beiträge p. 141, 142, 186). Es ist nun zwar die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass auch Bacteriaceen der zweiten Gruppe in Schleim eingebettet vorkommen, da es ja selbst *Oscillariaceen* giebt, deren Fäden Familienweise von gemeinschaftlichem Schleim umhüllt sind (*Phormidium, Cthonoblastus, Limnochlide, Dasygloea, Nostoc* etc.), doch ist mir bis jetzt keine wirkliche Ausnahme vorgekommen, da die von mir bisher beobachteten *Bacillen, Vibrionen* und *Spirillen* immer nur frei, vereinzelt oder gesellig in Schwärmen auftreten.

Eine scheinbare Ausnahme macht eine neue Bacteriaceengattung, welche ich im Winter 1873 in einem Glase mit Wasser beobachtete, in welchem seit etwa 14 Tagen verschiedene Algen, insbesondere *Spirogyren,* faulten. An der Oberfläche dieses Wassers, in welchem

auch *Clathrocystis roseo-persicina* massenhaft vegetirte, bildete sich ein farbloses Häutchen von schleimiger Beschaffenheit, gebildet von abgestorbenen und in Reihen geordneten Bacterien *(Petalococcus* Billroth), sowie von *Zoogloea*gallert, umschwärmt von beweglichen Bacterien und allerhand Infusorien *(Stentor, Coleps, Paramecium Aurelia, Chilodon Cucullulus, Spirostomum, Nassula, Cyclidium Glaucoma, Chilomonas Paramecium, Vorticellen, Euglenen, Rotiferen* und *Tardigraden)* und ähnlichen Begleitern der Fäulniss und Verwesung. Das Wasser nahm eine schwarze Färbung an (durch Bildung von Schwefeleisen) und entwickelte einen äusserst unangenehmen Geruch. Auf der Oberfläche sammelten sich farblose Schleimtröpfchen; diese waren gebildet von isolirten, oder haufenweise an einander hängenden kleinen Gallertkugeln von 10—17 Mikrom. Durchmesser und darüber. Diese Kugeln, nach aussen ziemlich scharf abgegrenzt, häufig elliptisch in die Länge gezogen, schlossen in einer durchsichtigen Gallert einen farblosen *Leptothrix*artigen Faden ein, welcher in knäuelartigen aber lockeren Windungen ins Innere eingelagert war (Fig. 6 a. b.). Ob jede Kugel immer nur einen oder auch mehrere solcher Fäden einschliesst, lässt sich nicht leicht ermitteln, obwohl ich das erstere als Regel vermuthe; unmittelbar vermag man nur die bogenartigen Schlingen in der Peripherie, und die durch einander geschlungenen Windungen im Innern zu unterscheiden. Die farblosen Fäden selbst, etwa von der Stärke des *Bacillus Ulna* oder *Spirillum volutans,* enthalten stark lichtbrechende Körnchen; Gliederung ist nicht erkennbar. Die Vermehrung geschieht, ähnlich wie bei *Ascococcus,* vermittelst Querfurchung der Gallertkugel, die, vermuthlich in Folge bedeutenderer Streckung des eingelagerten Fadens, sich erst elliptisch in die Länge dehnt, dann in der Mitte sich in zwei Halbkugeln durchfurcht, welche sich nach kurzer Zeit von einander trennen (Fig. 6 c. d.). Der Gedanke lag nahe, dass es *Spirillen* seien, welche hier in Gallert eingeschlossen sind, und in der That hat E. R. Lankester, welcher diese Form in seinem Aufsatz über *Bacterium rubescens* zuerst abbildete (l. c. p. 424. Pl. XXII. Fig. 8 und 9) dieselbe als eine *Zoogloea*form oder Gallertbildenden Entwicklungszustand eines *Spirillum*, vermuthlich *Sp. Undula,* aufgefasst. Ich vermochte jedoch keinen entwicklungsgeschichtlichen Zusammenhang mit einem *Spirillum* zu beobachten; vielmehr erkenne ich hier eine selbstständige Gattung, welche ich als *Myconostoc* bezeichne, weil sie in der That unter den Bacteriaceen eine Parallelform zu der Algengattung *Nostoc* zu bieten scheint; in beiden Gattungen ist ein knäuelartig gewun-

dener Zellfaden in einer Gallertkugel eingelagert. Die Art bezeichne ich wegen des geselligen Vorkommens als *M. gregarium.* Lässt man *Myconostoc gregarium* durch allmähliches Eintrocknen auf dem Objectglas zu Grunde gehen, oder zerquetscht man durch Druck die Gallerthülle, so rollt sich der Faden auseinander (Fig. 6e.) und zerfällt in kurze cylindrische, halbkreis- oder ringförmige Glieder, welche sich von einander trennen (Fig. 6f.); spontane Bewegung kam aber nie zum Vorschein.

20. *Cladothrix dichotoma* n. g. et sp. Taf. V. Fig. 8. In dem nämlichen faulenden Wasser, in welchem sich das *Myconostoc* fand, beobachtete ich eine zweite, neue Form, welche ich seitdem noch häufig in ähnlichen Vorkommnissen wiedergefunden habe. Es waren farblose, theils auf der Oberfläche des Wassers schwimmende, theils an den faulenden Algen festsitzende, sehr dünne, scheinbar ungegliederte feingekörnte, grade oder stellenweise geschlängelte Fäden, ähnlich farbloser *Leptothrix;* während aber die Fäden von *Leptothrix* stets unverzweigt sind, gabelten diese sich wiederholt mit grosser Regelmässigkeit; so bildeten sie Räschen von 0,5 mm. Durchmesser und darüber. Bei diesen dichotomischen Fäden waren die Hauptachsen den Gabelästen gleich dick, etwa = 0,3 Mikrom. (0,0003 mm.); manchmal fand sich auch trichotome Verzweigung. Eine solche Verzweigung schien anfangs dem Charakter der *Oscillarineen* zu widersprechen, in deren Verwandtschaft nach unserer Ueberzeugung die farblosen *Leptothrix*arten ebenso wie die *Bacillen* gehören, und vielmehr an die gabelästigen *Mycelien* gewisser Schimmelpilze, z. B. *Aspergillus* und *Mucor,* zu erinnern. Bei Anwendung stärkerer Vergrösserungen (Fig. 8a.) überzeugte ich mich jedoch, dass nicht eine ächte Dichotomie, sondern nur eine falsche Astbildung vorhanden ist, wie sie die mit den *Oscillarien* verwandten *Scytonemeen* charakterisirt. An jeder Gabelstelle erkannte man nämlich deutlich, dass der eine der beiden Aeste, welcher die directe Verlängerung des Hauptfadens darstellt, an den andern nur angelehnt ist, aber nicht in organischer Verbindung mit demselben (Fig. 8a.) steht. An einzelnen Stellen setzt sich der seitlich angelegte Ast noch ein Stück abwärts vom Scheitel der Gabelung fort, so dass er ein X bildete. Hiernach entsteht die Dichotomie dadurch, dass ein Faden in der Mitte sich in eine untere und in eine obere Hälfte durchfurcht; indem beide Hälften am Scheitel fortwachsen, verlängert sich die untere in unmittelbarer Fortsetzung neben der oberen, welche dadurch als scheinbarer Ast an die Seite gedrängt wird. Die Xform entsteht, wenn die obere Hälfte an beiden Enden sich mehr oder weniger verlängert.

Diese Entwickelung stimmt so vollständig mit der Entstehung der Dichotomieen und falschen Aeste bei *Schizosiphon, Tolypothrix* und anderen spangrünen *Oscillarineen* überein, dass für die innige Verwandtschaft dieser mit den farblosen, in Fäulniss vegetirenden, scheinbar pilzartigen Formen, mit denen wir uns hier beschäftigen, hierdurch ein neuer interessanter Beweis geboten wird. Ich habe dieselben als eine neue Gattung und Art unter dem Namen *Cladothrix dichotoma* aufgeführt[1]).

21. *Streptothrix Foersteri.* Taf. V. Fig. 7. Seit A. v. Graefe zuerst im Jahre 1855 in den Thränenkanälen des menschlichen Auges Concremente von eng verfilzten Pilzmassen beschrieben hatte, welche er als Favuselemente bezeichnete[2]), sind derartige Fälle von den Ophthalmologen mehrfach, wenn auch immer nur selten, beobachtet worden. Im Jahre 1869 machte mein Freund, Prof. R. Foerster, einen Fall bekannt[3]), wo bei einer Kranken der untere Thränenkanal von einer bröcklichen, schmierigen Masse ausgefüllt und aufgetrieben war, welche eine, Jahre lang anhaltende Bindehautentzündung des Auges veranlasst hatte; in dieser Masse fand Waldeyer Pilzelemente, welche er für identisch mit der *Leptothrix buccalis* Robin et Lebert der Mundhöhle erklärte, die von Leber und Rottenstein als Hauptagens der Zahncaries angesehen wird; die *Leptothrix*fäden sah Waldeyer von kleinem rundlichen *Micrococcus* und beweglichen Bacterien umgeben. Zwei ähnliche Fälle waren schon früher von Foerster wahrgenommen, doch nicht mikroskopisch festgestellt worden. Graefe[4]) beschrieb unmittelbar darauf noch mehrere (im Ganzen 7) Fälle solcher Concremente im unteren Thränenröhrchen, in denen Cohnheim und Leber ebenfalls *Leptothrix*elemente, identisch mit denen der Mundhöhle, nachgewiesen hatten. Die Concremente selbst sind $1\frac{1}{2}-3'''$ lang, etwa $1'''$ dick; sie werden bald als käsig schmierig, bald als sandig bröcklig beschrieben; ihre Farbe ist gelblich weiss; nur in einem (dem Foerster'schen) Falle aussen schwärzlich.

---

[1]) Zuerst beschrieben zugleich mit *Myconostoc gregarium* in der Sitzung der botanischen Section der Schlesischen Gesellschaft vom 18. Dec. 1873. Vergleiche Just, botanischer Jahresbericht für 1873 p. 64.

[2]) Graefe im Archiv für Ophthalmologie I. 284 und II. 1. 224.

[3]) Pilzmasse im untern Thränenkanälchen in Graefe, Archiv für Ophthalmologie XV. I. p. 318–23. Taf. III. Fig. 1.

[4]) Ueber *Leptothrix* in den Thränenröhrchen, Archiv für Ophthalmologie XV. I. p. 324.

Foerster übergab mir in den letzten Jahren noch mehrere solcher Concremente zur mikroskopischen Untersuchung, welche er aus Thränenfisteln durch Aufschlitzen erhalten. Eine am 15. April 1874 mir übergebene Masse war weisslich, talgartig, leicht zu zerdrücken und zu verkleinern, und bestand der Hauptsache nach aus feinen, äusserst dünnen, farblosen, parallel neben einander gelagerten oder wirr durch einander verfilzten Fäden, welche grade oder bogig gekrümmt, stellenweise aber schlängelig, eng und zierlich pfropfenzieherartig gewunden sind; diese Stellen erinnern an die Schraubenfäden der *Spirulinen* oder *Spirochaeten,* von denen sie sich jedoch durch weit grössere Unregelmässigkeit leicht unterscheiden. Die Fäden zerfallen in mehr oder weniger kleine Stücke, die mitunter kurz, oft aber 50 Mikrom. und darüber lang sind; Ammoniak löst dieselben nicht. Diese Fäden sind eingelagert und dicht umhüllt von feinkörnigen *Micrococcus*massen, welche auch die Zwischenräume zwischen den Fäden ausfüllen (Fig. 7a.). Wenn man eine unter dem Deckglas liegende Portion der weisslichen Masse durch einen Wasserstrom ausspült, den man durch einen an den Rand des Deckglases angelegten Fliesspapierstreifen und Zufuhr frischer Wassertropfen an den entgegengesetzten Rand längere Zeit unterhält, so kann man die Fäden von dem anhängenden *Micrococcus* möglichst befreien und erkennt dann nicht bloss, dass dieselben sämmtlich von gleicher, so zu sagen haarfeiner Dicke, in unbestimmter Folge bald grad bald lockig gedreht verlaufen, sondern dass sie auch, wenn auch nur spärliche Verzweigungen zeigen. Alle diese Eigenthümlichkeiten unterscheiden die Fäden der Thränenkanälchen von denen der *Leptothrix buccalis* in der Mundhöhle, die ausserdem dicker, steif und gerade, deutlich gegliedert, und stets unverzweigt sind, derart, dass ich beide nicht für Entwicklungszustände der nämlichen Art halten kann; die so charakteristischen, parallel neben einander liegenden, starren Fadenbündel der Mund-*Leptothrix* habe ich nie in den weissen Massen der Thränenkanälchen wahrgenommen. Ich muss daher die letzteren als eine besondere Art betrachten, die ich als *Streptothrix Foersteri* bezeichnen will. Wohin dieselbe ihrer Verwandtschaft nach gehört, lässt sich freilich bis jetzt nicht angeben, da meine Culturversuche kein Resultat gaben; die äussere Form der Fäden scheint dieselben allerdings den *Leptothrix*arten, deren normales oder pathologisches Vorkommen ja auch in andern menschlichen Organen constatirt ist, anzureihen, während die Verzweigung an Pilzmycelien erinnert; doch giebt es auch nicht zu den Pilzen gehörige, wahrscheinlich unecht verzweigte *Leptothrix*formen, zu denen

unter andern die seltsamen Fadengebilde zu gehören scheinen, welche Pasteur als die Fermentorganismen der schleimigen Gährung zuerst bezeichnet und die ich selbst in einer mir durch Dr. Traube übergebenen, schleimig gewordenen Apfelsine beobachtet habe. Trotz der von mir angenommenen specifischen Verschiedenheit der Fäden scheinen doch die Concremente der Thränenkanälchen eine dem Weinstein der Zähne ganz analoge Bildung zu sein, da in beiden die Hauptmasse von dem *Micrococcus* dargestellt ist, in welchen die farblosen *Leptothrix*fäden eingelagert sind. Ausser diesen Hauptformen enthalten die Concremente auch noch bewegliche Bacterien *(B. Termo)*, so wie Monaden, die mit einer langen Geissel, nach Art einer Springborste sich hüpfend bewegen; auch beobachtete ich kleine hefeartige Zellen, so wie *Oidium*artige Gonidienketten, welche vielleicht Graefe als *Favus*elemente gedeutet hatte; selbst Pilzsporen mit langen Keimschläuchen kamen vor; doch scheinen mir dies nur secundäre Bildungen, deren Keime erst nachträglich in die Concremente gelangt sind.

22. *Bacillus subtilis. Dauersporen.* Im zweiten Hefte dieser Beiträge (l. c. p. 145, 176. Taf. III. Fig. 13) habe ich darauf aufmerksam gemacht, dass die von mir aufgestellte Gattung *Bacillus* sich höchst wahrscheinlich durch Gonidien oder Dauersporen fortpflanzt, welche durch einen stark lichtbrechenden, oelartigen Inhalt ausgezeichnet sind; derartige Fäden erscheinen als geschwänzte Köpfchenbacterien. Perty hatte, wie ich erst nachträglich erfahren, unsere *Bacillus*arten schon im Jahre 1852 als eine selbstständige Gattung von den eigentlichen Bacterien unter dem Namen *Metallacter* abgetrennt (von einem griechischen Worte, welches „sich verändernd" bedeutet), weil dieselben in steife oder wenig biegsame, unbewegliche, ungemein verlängerte *Hygrocrocis* (oder *Leptothrix*) -fäden unter gewissen Umständen sich umwandeln; und ebenso hatte er äusserst kleine, bewegliche cylindrische Fäden beobachtet, welche an einem, oder seltener an beiden Enden ein, manchmal auch zwei elliptische Körperchen (wohl Sporen) einschliessen; obwohl er dieselben öfters mit *Bacillus (Metallacter Bacillus* Perty) zusammen fand, denen sie sehr gleichen, hielt er sie doch für eine selbstständige Gattung und Art (*Sporonema gracile* Perty)[1]). Ebenso hatte Trécul in den geschwänzten Bacterien eine selbstständige Gattung erblickt, die er *Urobacter* nannte. In neuster Zeit hat Billroth das Auftreten dunkel conturirter fettglänzender Kügelchen an einem, seltener an beiden Enden, zuweilen auch in der Mitte

[1]) Kleinste Lebensformen p. 180, 181. Taf. XIV. Fig. 8, 12, XV. F. 26.

von Bacterien, in faulendem Blutserum, Aufgüssen faulender blut-haltiger Gewebe u. s. w. häufig beobachtet; er bezeichnet derartige Formen als *Helobacteria* und betrachtet sie auch als Dauersporen [1]).

Auch ich habe in den letzten Jahren vielfach Gelegenheit gehabt mich von der allgemeinen Verbreitung der geschwänzten oder Köpfchenbacterien unter den verschiedensten Verhältnissen und von ihrer Beziehung zu *Bacillus* zu überzeugen. Ganz besonders instructiv ist das Auftreten derselben im Labaufguss. Bekanntlich hat H. Ch. Bastian [2]) im Jahre 1872 einen Aufsehen erregenden Versuch veröffentlicht, welcher die Entstehung der Bacterien durch Urzeugung in gewissen Mischungen erhärten sollte, in denen durch längeres Kochen die früher vorhandenen Keime getödtet sein mussten. Die von ihm benutzte Flüssigkeit bestand aus einem Decoct von weissen Rüben, welchem eine kleine Menge Käse zugesetzt und darin gekocht worden war. Die filtrirte und neutralisirte Flüssigkeit, in einem Kolben 10 Minuten gekocht und während des Siedens durch Zuschmelzen des Kolbenhalses hermetisch verschlossen, wimmelte nach 3 Tagen von Bacterien. Bald nachdem mir diese Versuche bekannt wurden, wiederholte ich dieselben (9. Mai 1873) im Pflanzenphysiologischen Institut. Ein Kölbchen, dessen Hals in eine dünne offene Spitze ausgezogen, wurde mit destillirtem Wasser gefüllt, und auf dem Drahtnetz über einer Gasflamme zum Sieden gebracht; auf demselben Netz stand ein Becherglas mit dem filtrirten Rüben-Käsedecoct; nachdem beide 10 Minuten kochend erhalten, wurde das Kölbchen umgekehrt mit der Spitze in die Flüssigkeit im Becherglas getaucht, sodann die Flamme entfernt; der im Kölbchen entwickelte Wasserdampf treibt zunächst den Rest des Wassers in das siedende Decoct; beim allmählichen Abkühlen aber steigt das letztere in das Kölbchen hinein; sobald dieses fast gefüllt, wird es heraus genommen und die Spitze sofort zugeschmolzen. Gleichwohl trübte sich die anfangs klare Flüssigkeit im Kölbchen nach 3 bis 4 Tagen; jedoch waren es nicht die gewöhnlichen Fäulnissbacterien *(B. Termo)*, sondern längere in gebrochenen Ketten umherschwimmende *Bacillus*stäbchen und Fäden, die sich entwickelt hatten.

H. Ch. Bastian hat aus seinem Experiment den Schluss gezogen, dass im Rüben-Käsedecoct lebende Organismen durch Urzeugung *(Archigenesis)* neu entstehen, selbst wenn alle früher vorhandenen Keime

[1]) *Coccobacteria septica* p. 22, 33. Taf. IV. Fig. 37, 38.

[2]) *Proc. Royal Soc.* 1873 No. 145; die analogen Versuche Huizingas über *Abiogenesis* sind bereits durch Samuelson (Pflügers Archiv VIII. p. 277) und Gscheidlen (ibid. IX. p. 163) widerlegt.

durch die Hitze getödtet sind. Burdon Sanderson wies nach[1]), dass zwar eine Wärme von 100° C. die Entwicklung von Bacterien im Bastian'schen Decoct nicht verhindere, wohl aber eine nur wenig höhere Temperatur, wie sie im Papin'schen Topf leicht erhalten wird.

Ich würde die Beweiskraft des Bastian'schen Versuchs für die Entstehung gewisser Bacterien durch Urzeugung nur dann gelten lassen, wenn derselbe unbedingt die Möglichkeit ausschlösse, dass in dem Rüben-Käsedecoct entwicklungsfähige Keime vorhanden seien, welche durch die in Anwendung gekommene Temperatur während der Versuchszeit nicht getödtet wurden. Allerdings ist nicht zu bezweifeln, dass die gewöhnlichen beweglichen und ruhenden Zustände der Bacterien durch Kochen vernichtet werden; aber könnte es nicht besondere Entwicklungszustände oder Keime geben, welche der Siedehitze längere Zeit Widerstand leisten? Dass derartige Keime im wässrigen Rübenauszug vorhanden seien, ist allerdings nicht wahrscheinlich, da nach tausendfältigen Erfahrungen im Grossen und Kleinen frische Pflanzengewebe (Gemüse) durch Kochen conservirt, d. h. die in ihnen vorhandenen Fäulnisskeime zerstört werden; desto eher liess sich vermuthen, dass der in fester Form zugefügte Käse etwaige eingeschlossene Keime länger vor der tödtlichen Siedehitze werde schützen können.

Ich stellte mir daher die Aufgabe zu ermitteln, ob und welche Fermentorganismen bei der Darstellung der süssen, fetten (Schweizer, Holländischen, Englischen) Käse eine Rolle spielen; ich benutzte von diesem Gesichtspunkt aus im Sommer 1873 die mir durch Herrn Apotheker Dr. Schroeder zu Frauenfeld im Thurgau freundlichst gebotene Gelegenheit, mich über die bei der Fabrikation des Schweizer Käse vor sich gehenden Processe an Ort und Stelle zu belehren, und habe die Sache dann noch in den grossen Käsereien zu Engelberg, Kanton Unterwalden, so wie zu Haus durch kleine Versuche weiter verfolgt. Selbstverständlich habe ich die chemische Seite der Käsebildung, die noch mancher Aufklärung bedarf, auf sich beruhen lassen müssen, und mich ausschliesslich auf die Frage von der Mitwirkung der *Bacterien* beschränkt, die meines Wissens überhaupt noch nicht wissenschaftlich erwogen worden ist.

23. *Milchgerinnung. Käsegährung.* Der sogenannte Schweizer (Emmenthaler) Käse wird in grossen kupfernen Kesseln aus der

[1]) Nature 1873 VI.; bestätigt durch Gscheidlen; Pasteur und Hofmann (Bot. Zeit. 1863) gelangten schon früher zu ähnlichem Resultat.

Milch dargestellt, welche durch einen Zusatz von Labflüssigkeit dick gemacht, d. h. nach ein Paar Minuten in eine steife Gallert umgewandelt wird. Nachdem die Dickmilch etwa eine Viertelstunde ruhig stehen gelassen, werden mit Hülfe der Milchkelle die obersten butterreicheren Schichten unter die tieferen geschaufelt oder verzogen, sodann die ganze Masse mit einem hölzernen Säbel (Käsesäbel) der Länge und Quere nach durchgetheilt, endlich mit einem Drahtquirl (Käsebrecher) in erbsengrosse Bröckchen oder Klümpchen verkleinert, und über offenem Feuer eine Stunde lang bei 55—60° C. durchgerührt. Während dieser Operation sondern sich allmählich die Käsetheilchen von der zurückbleibenden Käsmilch oder Molkenflüssigkeit (Sirte), indem sie sich aneinanderhängen und zugleich dichter und fester werden. Nun wird der süsse dicke Käsebrei in ein Tuch gefasst, und mit diesem in eine Form, bestehend aus einem hölzernen Reif (Ladreif) und zwei hölzernen Deckelplatten eingeschlossen, sodann unter eine Presse mit entsprechender, allmählich gesteigerter Belastung gebracht, um die überflüssige Käsmilch auszupressen. Nach 24 Stunden wird der Käselaib aus der Presse genommen und kommt in den Käsekeller, wo er bei einer Temperatur von 10—12° C. mehrere Monate verbleibt; durch tägliches Einreiben von Salz in die Rinde wird nicht blos das Schimmeln verhindert, sondern auch das Innere entwässert und mit antiseptischer Salzlösung durchtränkt. Schliesslich gelangt der Käse in das Magazin, wo er erst nach Jahr und Tag seine völlige Reife erlangt.

Offenbar sind hier drei völlig verschiedene Vorgänge auseinander zu halten.

1) Das Gerinnen der Milch. Ist auch die Chemie noch nicht darüber im Klaren, auf welchem Wege die Labflüssigkeit wirkt, so ist doch wohl nicht zu bezweifeln, dass das Coaguliren der Milch unter Einfluss eines in der Labflüssigkeit vorhandenen unorganisirten Ferments *(Chymosin)*, nicht aber lebender Fermentpflanzen *(Zymophyten)* steht; es ist vergleichbar den Wirkungen anderer nicht organisirter Fermente (Diastase, Emulsin, Pepsin). Denn bekanntlich macht der alcoholische Labauszug (Labessenz) die Milch ebenso gut gerinnen, wie der wässrige, was die Mitwirkung lebender Organismen ausschliesst; dieselbe Fähigkeit besitzen gewisse Pflanzensäfte, die vermuthlich auch ein flüssiges Ferment enthalten *(Galium, Pinguicula,* Artischockenblüthen, *Ficus Carica);* entscheidend ist auch die Thatsache, dass durch eine bestimmte Menge des Labauszugs nur ein äquivalentes Quantum Milch coagulirt wird, während organisirte Fermente sich selbst vermehren und daher eine unbe-

grenzte lebendige Kraft entwickeln können. Bei einem Versuch im Kleinen coagulirte eine aus 0,1 Gm. Labmagen und 10 Gm. Wasser bereitete Labflüssigkeit 400 Gm. Milch in 44 Stunden, eine aus 1 Gm. Labmagen und 10 Gm. Wasser bereitete machte dieselbe Menge schon in 2 Minuten gerinnen; 20 Gm. Milch wurden durch einen Tropfen dieser Labflüssigkeit in 2 Minuten, durch 3—4 Tropfen in $1\frac{1}{2}$ bis 1 Minute coagulirt. In der Praxis beträgt die zum Dickmachen in 15—20 Minuten bei 32,5—35° C. erforderliche Menge Labflüssigkeit dem Gewichte nach 0,5—0,75% der Milch.

2) Die Sonderung des geronnenen Caseïn von den Molken; dies scheint mir ein rein mechanischer Vorgang, bei dem gar kein Ferment im Spiel ist; es ist vergleichbar dem Abscheiden der Butter aus der Milch, des Fibrins aus dem Blut, des Klebers aus dem Weizen-Mehl u. s. w. In der geronnenen Milch ist das Caseïn in lockeren Flöckchen vertheilt; beim Durchrühren heften sich diese Flöckchen an einander und kleben zu einer immer fester werdenden Masse zusammen. Hierbei ist die Temperatur von Einfluss; je höher diese, desto fester wird der Käse. Bei Versuchen im Kleinen beobachtete ich, dass, sobald die geronnene Milch auf 40° C. erwärmt ist, die gallertartigen Caseïnflöckchen zäher werden und sich immer dichter an den zum Umrühren benützten Glasstab anlegen, so dass schliesslich der grösste Theil des Caseïn als eine weisse teigartige Masse herausgehoben werden kann, die jedoch noch immer viel Käsmilch in ihren Poren zurückhält und dieselbe erst durch Pressen verliert.

3) Das Reifen des Käse, durch welches die weisse, fade, süsse Käsemasse erst allmählich ihren pikanten Geschmack und Geruch, ihre durchscheinende Consistenz, gelbe Farbe u. s. w. erlangt. Dies halte ich für eine echte Gährung, welche unter dem Einfluss von Fermentorganismen *(Zymophyten)* steht. Schon auf der Presse, also innerhalb 24 Stunden, beginnt die Gährung, welche mit lebhafter Gasentwicklung (Kohlensäure, Wasserstoff?) verbunden ist; in Folge dessen wird der Käselaib aufgetrieben, seine ebenen Flächen nach aussen gewölbt; bei ungünstigem Verlauf ist das Treiben so stark, dass die Presse trotz ihrer schweren Belastung (15—20 Kilo auf 1 Kilo Käse) gehoben wird. Während des langsamen Reifens geht die Gasentwicklung fort, und es bilden sich die Löcher im Käse in ähnlicher Weise, wie bei der Brodbereitung. Welche chemischen Vorgänge während der Käsegährung stattfinden, liegt ausser meiner Aufgabe zu untersuchen; nur die Vermuthung möchte ich aussprechen, dass es vorzugsweise die im Käselaib zurück-

gehaltene Molkenflüssigkeit ist, deren Milchzucker zunächst durch die *Zymophyten* in Buttersäuregährung versetzt wird. Die Praxis lehrt, dass die Vertheilung, Grösse und Zahl der Löcher im Käse von der Pressung, d. h. wohl von der Menge der im Käselaib zurückbleibenden Käsmilch abhängt, und dass die Fehler der Käse (zu viel oder zu wenig Löcher) hauptsächlich von unrichtiger Pressung herrühren. Die Erwärmung der Milch auf 55—60° während des Ausrührens muss dazu beitragen, die etwa vorhandenen Fäulnissbacterien *(B. Termo)* zu tödten, und den eigentlichen Fermentorganismen der Käsegährung, welche, wie wir sehen werden, einer kurzen Erhitzung Widerstand leisten können, freien Spielraum zu lassen.

24. *Bacillen im Labauszug.* Taf. V. Fig. 10—12. Die Käsegährung wird durch ein organisirtes Ferment, d. h. durch gewisse Bacterienarten veranlasst, welche der Milch gleichzeitig mit der Labflüssigkeit zugefügt werden. Um diese Fermentorganismen kennen zu lernen, habe ich im Herbst 1873 aus Labmagen, welche ich von einer Schweizer Käserei bezogen, hier in Breslau zahlreiche Labaufgüsse dargestellt.

Als Labmagen benutzt man den Magen 5—7 Wochen alter Saugkälber, die noch keine feste Nahrung zu sich genommen; dieser wird 24 - 36 Stunden lang mit etwa dem 100fachen Gewicht reinen weichen Wassers bei einer Temperatur von 30—35° C. angesetzt; steigt die Temperatur bis 50°, so wird die Wirksamkeit des Labauszugs sehr unsicher; fällt sie, so wird er ganz unwirksam.

Der wässrige Labauszug ist trübe und besitzt einen eigenthümlichen nicht unangenehmen, nicht fauligen Geruch nach Käse (Buttersäure?), ähnlich wie ich ihn bei *Ascococcus* (siehe oben p. 153) erwähnt; er wimmelt von zahllosen, äusserst lebhaft bewegten, langen und dünnen Bacillen, deren Glieder meist paarweise, doch auch zu 4 und 8 zusammenhängend und in den Gelenken beweglich, umherschwimmen oder zu längeren beweglichen Fäden auswachsen (Fig. 10a.); auch bilden sie, dicht an einander gedrängt, Flocken in der Flüssigkeit; sie sind ohne Zweifel die charakteristischen wirksamen Organismen des Labaufgusses, in dem sie nie fehlen; *Bacterium Termo* und *Micrococcus,* die ich auch, wenn auch überwiegend erst in späteren Zuständen wahrnahm, halte ich für nebensächliche Begleiter; bei beginnender Fäulniss wird der Labauszug unwirksam und die Bacillen sind bewegungslos, todt.

Diese Bacillen sind höchst wahrscheinlich schon im Labmagen des lebenden Thieres vorhanden. R. Remak hat zuerst im

Magen der Haussäugethiere (Rinder, Schafe, Schweine) fadenförmige, gegliederte, unverästelte Pilze nachgewiesen[1]); Wedl hat diese Beobachtungen speciell für den Magen des Rindes bestätigt und erweitert[2]). Im Labmagen der mit Pflanzenkost gefütterten Rinder fand er ausnahmslos „gestreckte, schmale, helle, farblose Zellen, einzeln, oder kettenartig zu 2—7 aneinandergereiht, 30–40 Mikr. lang, 1—3 Mikr. dick, deren Endglieder ein wenig keulenförmig angeschwollen, und die stark lichtbrechende fettig glänzende Körnchen enthalten; die Fortpflanzung geschieht durch diese Endtheile, die in dünne Fäden auswachsen." Diese Epiphyten, die Wedl *Cryptococcus Clava* nennt, fehlen jedoch im Labmagen der Saugkälber; in letzterem finden sich nur die schon von Remak gesehenen sehr schmalen, 1 Mikr. dicken Fadenalgen mit glänzenden Körnern *(Leptothrix? Bacillus)*. Ich glaube aus den Beobachtungen Wedl's, die wohl erneuter Untersuchung bedürfen, den Schluss ziehen zu können, dass im frischen Labmagen der nur von Milch genährten Kälber bereits die Bacillen des Labauszugs vorhanden sind, während nach der Verabreichung von Pflanzenfutter anscheinend ein anderer *Zymophyt* auftritt.

Wahrscheinlich sind die Labbacillen identisch mit denen des Buttersäureferments Pasteur's *(B. subtilis)*, welche wie ich im zweiten Hefte dieser Beiträge (l. c. p. 176) gezeigt, durch ihre Widerstandsfähigkeit gegen höhere Temperaturen, so wie durch ihre Fermentthätigkeit in sauerstofffreier Luft von den übrigen Bacterien ausgezeichnet sind. Durch den Zusatz der Labflüssigkeit zur Milch werden in letzterer eine Unzahl Bacillen ausgesät, und durch die nachfolgenden Operationen des Umrührens gleichmässig vertheilt; selbstverständlich müssen diese Organismen daher auch im Käselaib selbst reichlich vorhanden sein und ihre Fermentwirkung geltend machen.

Während in dem frischen Labaufguss nur die dünnen beweglichen Bacillusstäbchen vorkommen, findet man nach kurzer Zeit, sobald derselbe fortdauernd in einer Temperatur von 30° C. erhalten wird,

---

[1]) Diagnostische und pathogenetische Untersuchungen 1845 p. 225. Im Magen der Kaninchen entdeckte Remak einen hefeartigen, sprossenden Pilz mit cylindrischen Zellen (*Cryptococcus guttulatus* Robin.).

[2]) Ueber ein in den Mägen des Rindes vorkommendes Epiphyt. Sitzungsberichte der Wiener Akademie Math. Naturw. Klasse 1858. 6. XXIX. p. 91 mit Holzschnitt. Wedl fand seinen *Cryptococcus Clava* constant und in grösster Menge auf dem schleimigen Beleg frischer Labmägen zwischen der obersten Schicht des Cylinderepithel.

in zahlreichen dieser Fäden das eine Ende köpfchenartig angeschwollen und mit einem ovalen oder rundlichen, stark lichtbrechenden Körperchen erfüllt, während die Bewegung fortdauert, und der Faden wie vorher abwechselnd vor- und rückwärts schwimmt (Fig. 10 b.). Die Zahl dieser Köpfchenbacterien, deren Form an die Spermatozoiden der Wirbelthiere erinnert, vermehrt sich fortdauernd; unter der Masse finden sich wohl auch solche, die an beiden Enden Köpfchen tragen (Fig. 10 c.), seltner solche, wo mehrere Köpfchen hintereinander im nämlichen Faden vorhanden sind; bald zeigte der grösste Theil der Fäden die köpfchenartigen Anschwellungen. Allmählich bildet sich ein Absatz in der Labflüssigkeit, der grösstentheils aus abgestorbenen Bacillen besteht; und zwar sind es die stark lichtbrechenden Köpfchen, welche übrig bleiben, wenn der Faden abbricht und zu Grunde geht. Lässt man die Labflüssigkeit etwa 4 Wochen stehen, so klärt sie sich allmählich, und der trübe Absatz besteht aus Detritus, *Micrococcus*haufen, vereinzelten, meist kurzen Stäbchen, und zahllosen, stark lichtbrechenden Köpfchen (Fig. 10 d. 12.).

Es unterliegt daher keinem Zweifel, dass die Köpfchen in den Entwicklungskreis der Lab-Bacillen gehören; hält man die Entwicklung der so nahe verwandten *Oscillarineen (Nostoc, Spermosira, Cylindrospermum* etc.) daneben, so können die Köpfchen nur entweder als Grenzzellen *(Heterocysten)* aufgefasst werden, welche die Theilungsstelle der Fäden bezeichnen, oder, was weit wahrscheinlicher, als wirkliche Sporen, die den Vegetationsverlauf der Bacillen beschliessen und ihre Erhaltung unter ungünstigen Lebensbedingungen ermöglichen. Köpfchen, an denen ganz kurze und zarte Fäden hängen, schienen mir gekeimte Sporen, aus denen sich neue Bacillen zu entwickeln im Begriff sind (Fig. 10 d.). Ist diese Deutung richtig, so begreift sich der Bastian'sche Versuch ohne Schwierigkeit. Die Köpfchenbacterien der Labflüssigkeit werden der Milch zugesetzt und in dem Caseïnbrei vertheilt; es ist anzunehmen und steht im Einklang mit den an trockenen *Penicillium*- und anderen Pilzsporen gemachten Erfahrungen, dass die in der festen, trocknen und schlecht Wärme leitenden Käsemasse eingeschlossenen Köpfchen oder Dauersporen selbst durch kurzes Kochen nicht sämmtlich ihre Keimfähigkeit verlieren, dass vielmehr einzelne von ihnen neuen *Bacillus*-Fäden den Ursprung geben, sobald sie in eine geeignete Nährflüssigkeit (Rübendecoct) gelangen.

Fassen wir die Gesammtheit der obigen Beobachtungen zusammen, so geben sie uns folgenden Ueberblick über die Vorgänge bei

der Käsebildung. Der Labauszug enthält ein flüssiges Ferment, welches die Coagulirung der Milch bewirkt, und Fermentorganismen *(Bacillus)*, welche wahrscheinlich Buttersäuregährung einleiten und auch das langsame Reifen des Käse veranlassen; ihre Dauersporen sind es, welche von der trocknen Käsesubstanz eingeschlossen, der Siedehitze eine Zeit lang widerstehen, und in geeigneter Nährflüssigkeit sich wieder zu *Bacillus*stäbchen entwickeln können.

Schliesslich bemerke ich noch, dass die Bildung von Dauersporen nicht blos bei den *Bacillen* des Labaufgusses, sondern auch in zahlreichen andern Fällen von mir beobachtet worden ist; insbesondere in einem Aufguss destillirten Wassers auf gekochte Erbsen etc., welcher mehre Tage hindurch bei 45° erhalten wurde, entwickelte sich keine eigentliche Fäulniss, die durch *Bacterium Termo* charakterisirt ist, sondern Buttersäuregährung [1]); das getrübte Wasser wimmelte von *Bacillus*fäden, in denen sich an den Enden, aber auch in Mitten des Fadens oft reihenweise hintereinander die stark lichtbrechenden Körperchen bildeten, die ich für Dauersporen halten muss; nach Zerstörung der Fäden blieben sie zurück und schienen auch zu keimen (Fig. 11). Ich behalte mir vor, im zweiten Theil dieser Abhandlung auf das besonders interessante biologische Verhalten dieser Gattung zurückzukommen.

25. *Spirochaete Obermeieri* (Taf. VI. Fig. 16). Wohl die wichtigste Thatsache, durch welche in letzter Zeit unsere Kenntniss vom Auftreten der Fermentorganismen bei Infectionskrankheiten bereichert wurde, ist die von Otto Obermeier schon 1868 begonnene, aber erst im Jahre 1873 bekannt gemachte Entdeckung der sogenannten *Spirillen* im Blut der Kranken bei *Febris recurrens* [2]). Bekanntlich zeichnet sich der Rückfallstyphus durch eine 6—7 Tage dauernde Fieberzeit aus, welcher eine ca. 8 Tage dauernde Remission und darauf ein zweiter 5 Tage anhaltender Fieberanfall, in seltnen Fällen nach einer fieberfreien Zwischenzeit von 9 Tagen ein dritter, seltner noch ein vierter und fünfter Anfall folgt. Obermeier erkannte nun im Blut der *Recurrens*kranken sehr zarte lange, äusserst rapid bewegte Schraubenfäden, jedoch blos in der Fieberzeit, nicht in der Remission oder kurz vor und nach der

[1]) Siehe den folgenden Aufsatz des Herrn Dr. Eduard Eidam p. 216.

[2]) Obermeier, Vorkommen feinster eine Eigenbewegung zeigender Fäden an Blut von *Recurrens*kranken, Med. Centr. Bl. XI. 10. 1873; Derselbe, Sitzung der Berliner Medizinischen Gesellschaft vom 26. März 1873, Berliner klinische Wochenschrift 1873 p. 152 und 391.

Krise. Diese Entdeckung ist von allen späteren Beobachtern[1]) ausnahmslos bestätigt worden. Schon am 15. März 1873 hatte Herr Dr. Carl Weigert die Güte, mir im Allerheiligen Hospital zu Breslau die Spiralfäden aus dem Blute der *Recurrens*kranken, die in Folge einer damals ausgebrochenen Epidemie in grosser Zahl vorhanden waren, zu demonstriren. Hierbei constatirte ich, dass dieselben, nicht, wie dies gewöhnlich geschieht, zu den *Spirillen*, sondern zu der Gattung *Spirochaete* gehören, die sich von *Spirillum* durch ihre flexilen, kräftiger Ringelungs- und Schlängelungsbewegungen fähigen Schraubenfäden unterscheidet. Von der Gattung *Spirochaete* war bisher nur eine Species bekannt, welche Ehrenberg bei Berlin, ich selbst bei Breslau in Sumpfwasser entdeckt hatten; da die überaus charakteristische Gestaltung und Bewegung dieser Art ein Uebersehen und Verwechseln mit anderen Species unmöglich macht, so lässt sich mit aller Bestimmtheit behaupten, dass die *Spirochaete plicatilis* keineswegs in faulendem Wasser gemein ist, sondern dass sie nur ganz ausnahmsweise zur Beobachtung kömmt. Von der *Spirochaete* der Sümpfe ist, soviel ich mich erinnere — sie ist mir in jüngster Zeit nicht wieder vorgekommen — die im Blute der *Recurrens*kranken lebende zwar weder in der Grösse noch in der Gestaltung noch in der Bewegungsweise verschieden; dennoch nöthigen uns das eigenthümliche Vorkommen, sowie die physiologischen Verhältnisse, insbesondere das abweichende Verhalten gegen Wasser, die letztere als eine selbstständige Art anzusehen, welche ich zum Andenken an den als Opfer wissenschaftlicher Forschung im Sommer 1873 an der Cholera verstorbenen Entdecker als *Spirochaete Obermeieri* aufführen will.

Die wichtigsten über die *Spirochaete* des *Recurrens* durch die Untersuchungen von Obermeier, Engel, Bliesener, Weigert, Litten, Birch Hirschfeld und Laptschinsky mir bekannt gewordenen Thatsachen sind folgende: Die Fäden finden sich ausschliesslich im Blute der *Recurrens*kranken, nie in deren Secreten, oder in andern Organen, ausnahmslos während der Paroxysmen, nie im fieberfreien Intervall, oder doch nur kurze Zeit nach den Anfällen (noch nach 2 Tagen, Birch Hirschfeld, und dann spärlich); sie werden mitunter erst 24 Stunden und selbst 2—3 Tage nach

[1]) Vergleiche die Zusammenstellung bei Birch Hirschfeld, Med. Jahrb. B. 166. Heft 2. p. 211, und Burdon Sanderson, *Report on recent researches on the Pathology of the Infective Processes: Reports of the Medical Officer of the Privy Council and Local Government Board, New Series* No. III. London 1874 p. 41.

dem Anfang der Temperatursteigerung wahrgenommen; freilich können sie wegen ihrer Zartheit und raschen Undulation leicht übersehen werden; oft wird man erst durch die Ortsveränderungen der Blutkörperchen, die sie in Bewegung setzen, auf sie aufmerksam gemacht. In der Leiche sind die Schraubenfäden nicht zu finden.

Ihre Zahl ist verschieden; sie verringert sich wahrscheinlich, wenn der Paroxysmus dem Ende sich nähert und sie verschwinden gänzlich vor der Krise; manchmal spärlich, wimmeln sie in andern Fällen im mikroskopischen Präparat; nach Engel muss man ihre Zahl im Blut nach Milliarden schätzen.

Die Schraubenwindungen der Fäden sind unveränderlich, durchaus gleichförmig in den verschiedenen Exemplaren; dagegen scheint die Länge der Fäden nicht constant; Obermeier bestimmte sie zu $1\frac{1}{2}$ bis 6, Engel bis zur 26fachen Länge der Blutkörperchen; Litten giebt an, dass sie sich mitunter in lange Ketten aneinander hängen, die über das ganze Gesichtsfeld reichen, ohne sich zu bewegen; mitunter brechen jedoch zwei so vereinigte Schraubenfäden auseinander, als ob sie sich theilten.

Die Schraubenfäden zeigen ausser ihrer Ortsveränderung Undulationen, die über die Fadenlänge wellig hinlaufen und sie eben, im Gegensatz zu den *Spirillen*, als *Spirochaeten* charakterisiren. In der Höhe des Fiebers erscheinen die Fäden steifer, gerad gestreckt; wird aber gegen das Ende des Paroxysmus ihre Bewegung langsamer, so zeigen sie mehr pendelartige Schwingungen; sie rollen sich auch ringförmig, oder wie eine 8 zusammen (Fig. 16*); die Wellenbewegungen dauern am längsten fort, wenn die Ortsveränderung schon aufgehört hat.

Die *Spirochaeten* behalten ihre Beweglichkeit auch ausserhalb des menschlichen Körpers im Blutserum längere Zeit (24 Stunden), ebenso in einer halbprocentigen Kochsalzlösung mehrere Stunden; in Glycerin, Quecksilbersalzen, so wie in destillirtem Wasser hört die Bewegung sofort auf; in Kali werden die Fäden aufgelöst. Dagegen erhält sich ihre Form in *Osmium*säurepräparaten unverändert (C. Weigert). Durch Erhöhung der Temperatur über 60—65° C. werden sie getödtet; nicht aber durch Sinken derselben bis auf 0° (Litten).

Zur Ergänzung ist noch hinzuzufügen, dass die Krankheit, welche durch *Spirochaete Obermeieri* in so merkwürdiger Weise charakterisirt ist, in Breslau erst seit März 1868 bekannt (Lebert), dass sie in temporären und lokalen Epidemieen auftritt, welche höchst wahrscheinlich immer von auswärts eingeschleppt werden, dass sie in der Regel alle Bewohner einer Stube nach einander befällt (Stubenepidemieen)

und durch persönliche Ansteckung, also offenbar durch ein Contagium, verbreitet wird. Im Uebrigen ist die Rolle, welche die *Spirochaete Obermeieri* in den pathologischen Vorgängen des *Recurrens* spielt, noch eben so dunkel, als ihr periodisches Verschwinden und Wiedererscheinen im Blute der Kranken. Selbst das lässt sich noch nicht entscheiden, ob die *Spirochaete plicatilis* der Sümpfe und die *Sp. Obermeieri* des *Recurrens*bluts specifisch verschieden, oder ob sie nicht vielleicht ein und das nämliche Wesen sind, und das Contagium möglicherweise aus der ersteren Form, etwa durch den Genuss *Spirochaete*haltigen Sumpfwassers primär erzeugt wird. Ebenso wenig lässt sich bis jetzt beurtheilen, ob die von mir ein einziges Mal im April 1872 in (meinem eigenen) Zahnschleim beobachteten *Spirochaete*fäden etwa eine Zwischenstation zwischen dem Vorkommen im Sumpfwasser und im Blute darstellen. (Vergl. meine Darstellung, Heft II. dieser Beiträge p. 180 und Nova Acta Ac. C. L. nat. cur. XXIV. I. p. 125.)

Dr. Burdon Sanderson hat in seinem oben citirten „Report" einen Holzschnitt der *Spirochaete Obermeieri* nach einer ihm von mir mitgetheilten Skizze aufgenommen, die jedoch nur kleinere Exemplare darstellte; ich bringe deshalb hier (Taf. VI. Fig. 16) eine neue Zeichnung, welche Herr Dr. C. Weigert für mich anzufertigen die Güte hatte, und welche in 600facher Vergrösserung die steiferen Schraubenfäden in der Höhe des Fiebers, wie die absterbenden und zusammengerollten Formen gegen Ende des Anfalls (Fig. 16*) zugleich mit ein Paar Blutkörperchen darstellt, welche die Grössenverhältnisse veranschaulichen sollen.

26. *Bacillus Anthracis.* (Taf. V. Fig. 9.) Ich reihe hieran eine Abbildung der Milzbrandbacterien *(Bacillus Anthracis)* nach einem Präparat, welches Herr Prof. H. Koebner von einem frisch gefallenen Rind mir zu überlassen die Güte hatte. Bekanntlich unterscheiden diese *Bacillen* sich äusserlich nicht wesentlich von denen der Buttersäuregährung *(B. subtilis)*; doch sind sie in der Regel kürzer und stärker und zeigen niemals Bewegungen. Bollinger[1]), der darauf aufmerksam macht, dass die Bacterien des Milzbrandbluts nicht erst, wie gewöhnlich angegeben wird, von Davaine (1863) sondern bereits von Pollender (1849, veröffentlicht 1855)[2]) entdeckt und

[1]) Bollinger, Zur Pathologie des Milzbrandes. München 1872; Infectionen durch thierische Gifte in Ziemssen, Handbuch der speciellen Pathologie und Therapie III. 1874 p. 450.

[2]) Mikroskopische und mikrochemische Untersuchungen des Milzbrandbluts. Casper's Vierteljahrschr. f. gerichtl. Medizin XIII. p. 103

schon von Brauell (1857)[1]) zum Gegenstande massgebender Untersuchungen und Versuche gemacht worden waren, beschreibt die Stäbchen als gerad, cylindrisch, 7—12 Mikrom. lang, von fast unmessbarer Dicke (0,8—1 Mikr.), in frischem Zustand anscheinend homogen; bei Berührung mit Wasser aber, oder wenn sie durch Fäule zersetzt zu werden beginnen, zeigen sie unter sehr starken Vergrösserungen (IX. Hartnack) einen gegliederten Bau, und erscheinen zusammengesetzt aus einer Reihe rundlicher oder kurz cylindrischer Zellen, deren jede einen dunkleren Plasmakern in einer durchsichtigeren Hülle einschliesst[2]); sie zerfallen dann rasch in die einzelnen Kügelchen. Bollinger betrachtet deshalb die Stäbchen des Milzbrandes als eine Torulaform der Kugelbacterien (Heft II. dieser Beiträge p. 147) und meint, dass die auch isolirt vorkommenden Kugelbacterien sich durch Zweitheilung vermehren und als Gliederzellen zu Reihen vereinigt, die Stäbchen zusammensetzen. Ohne den gründlichen Forschungen Bollingers die meinigen gegenüberstellen zu wollen, kann ich doch nicht umhin zu bemerken, dass es mir nicht gelungen ist, in den mir zur Untersuchung gekommenen Milzbrandpräparaten eine rosenkranzähnliche Zusammensetzung der *Anthrax*stäbchen wahrzunehmen, und dass ich nur Sonderung des Inhalts in stärker lichtbrechende Tröpfchen bei den abgestorbenen und im Präparat aufbewahrten Stäbchen zu finden vermochte; aus diesem Grunde muss ich an meiner früheren Auffassung der Milzbrandbacterien als einer *Bacillus*art festhalten, und lasse deren Zusammenhang mit Kugelbacterien *(Micrococcus)* vorläufig dahingestellt sein. Vielleicht dürfen wir, da die *Bacillen,* wie oben erwähnt, sich in der Regel durch kugelige Dauersporen fortpflanzen, solche auch für die Stäbchen des Milzbrand erwarten, und in ihnen die Keime der Infection im scheinbar stäbchenfreien Blut, sowie in eingetrockneten Contagien vermuthen, durch welche, wie Bollinger gezeigt, die Ansteckung in der Regel auf dem indirecten Wege der Verschleppung übertragen wird. Dafür, dass die *Bacillen* selbst das Contagium enthalten und nicht die Blutflüssigkeit, hat Bollinger mit Recht einen schlagenden Beweis in der schon von Brauell gemachten Beobachtung gefunden, dass die Placenta einen physiologischen Filtrirapparat darstellt, welcher die Stäbchen nicht in den fötalen Kreislauf gelangen lässt; dem entsprechend erzeugt fötales Blut ohne Stäbchen keinen Milzbrand, während das *Bacillen*haltige mütterliche Blut mit positivem Erfolg geimpft wurde (l. c. p. 461).

[1]) Virchow's Archiv XI. p. 132, XIV. p. 432.

[2]) Ziemssen's Handbuch III. p. 465 Fig. 9.

27. *Micrococcus bombycis* (Taf. V. Fig. 13). Wirkliche Rosenkranzform besitzen die im Darm der Seidenraupen bei der höchst contagiösen Epidemie der Schlaffsucht *(flaccidezza)* auftretenden *corpuscules en chapelet* (Pasteur), welche ich als *Micrococcus bombycis* (Heft II. der Beiträge p. 165) aufgeführt und von denen ich nunmehr auf Taf. V. Fig. 13 eine Abbildung bringe. Es sind ovale Körperchen von höchstens 0,5 Mikr. Durchmesser, ähnlich denen der Harngährung (*Micrococcus ureae* Heft II. p. 158 Taf. III. Fig. 5), welche einzeln, paarweise oder zu 4—8 aneinander gereiht, selbst zu längeren geraden oder gekrümmten Ketten verbunden, in unzähligen Mengen den Magensaft der kranken Raupe in eine trübe Flüssigkeit umwandeln, und erst kurz vor dem Tode von Fäulnissbacterien begleitet werden. Eine ausführliche Besprechung dieser Krankheit und der bei ihr beobachteten *Zymophyten* gedenke ich im folgenden Hefte zu geben, für welches ich die Besprechung einiger die Bacterien betreffender biologischer Fragen vorbehalte; eine Untersuchung über die Abhängigkeit der Entwickelung von *Bacterium Termo* von der Temperatur, welche der Assistent am Pflanzenphysiologischen Institut, Herr Dr. Eidam, im Winter 1873/4 auf meine Veranlassung ausgeführt hat, habe ich am Schluss dieser Abhandlung aufgenommen.

28. *Anordnung der Bacteriaceengattungen nach ihrer natürlichen Verwandtschaft.* Die hier beschriebenen Organismen haben der von mir aufgestellten, und gegenwärtig wohl allgemein anerkannten These, dass die Bacterien zu den Pflanzen, und zwar nicht sowohl zu den Pilzen, als zu den Algen gehören, neue Unterstützung gewährt; ihre Verwandtschaft mit den *Phycochromaceen* erweist sich sogar als eine so enge, dass es vom rein systematischen Standpunkte aus kaum möglich ist, die *Bacteriaceen* als eine selbstständige Familie abzutrennen; dies tritt am klarsten hervor, wenn man die Gattungen der Bacterien unter die ihnen am nächsten stehende Genera vertheilt. Da die Bacterien keine Pilze sind, so scheint der durch Naegeli eingeführte Ausdruck *Schizomyceten* für sie ebensowenig bezeichnend, als der von mir für die ganze Gruppe früher vorgeschlagene Name der *Schizosporeae,* da ja Sporen nur bei einem Theile der hier vereinigten Organismen beobachtet sind. Vielleicht möchte sich die Bezeichnung *Schizophytae* für diese erste und einfachste Abtheilung lebender Wesen empfehlen, die mir, den höheren Pflanzengruppen gegenüber, natürlich abgegrenzt erscheint, wenn auch die Merkmale, durch welche sie charakterisirt ist, mehr negativer als positiver Art sind. Die Zellen der *Schizophyten* sind entweder stets frei oder in mehr oder minder zahlreiche Zellfamilien vereinigt;

letztere sind entweder in einer Ebene oder in einer Kugelfläche oder in Zellkörpern angeordnet, welche entweder formlose Haufen oder einen von einer gemeinschaftlichen Hülle umgebenen bestimmt geformten Körper darstellen; sie sind endlich auch in einfachen Zellreihen zu Fäden aneinander gereiht, welche meist einfach oder durch falsche Astbildung verzweigt sind; diese Fäden leben entweder frei oder verfilzt, oder zu Schleimfamilien oder Bündeln vereinigt. Die gewöhnliche Vermehrung beruht auf binärer Zelltheilung, bei *Synechococcus, Bacterium*, *Aphanothece, Gloeothece* und den *Nematogenen* liegen alle Theilungsebenen parallel; bei *Merismopedia, Clathrocystis, Coelosphaerium* liegen sie über's Kreuz, bei den übrigen sind sie nach allen drei Dimensionen gerichtet. Auch die Zellfamilien und Fäden theilen sich durch Querfurchung oder netzartige Durchbrechung. Geschlechtliche Fortpflanzung ist unbekannt. Dauersporen, welche aus vegetativen Zellen durch Umbildung ihres Inhalts hervorgehen, sind vielfach beobachtet. Spontane Bewegung wird bei freien Zellen oder in den Zellfamilien wenigstens zeitweise beobachtet. Die farblosen und die gefärbten Arten, und unter letzteren wieder die durch das chlorophyllhaltige *Phycochrom* und die durch andere Pigmente gefärbten, schliessen sich so eng an einander, dass die auf die Färbung begründeten Gattungen zum Theil nur einen conventionellen Werth besitzen; ebenso variirt die Gestalt der Zellen, von der Kugel bis zur Cylinderform, und es zeigen sich alle möglichen Grössenunterschiede von den unmessbar kleinen *Micrococcus* zu den 50 Mikrom. im Durchmesser erreichenden Zellen des *Chroococcus macrococcus.* In dem nachfolgenden Versuch einer Uebersicht der *Schizophyten* habe ich nur diejenigen Gattungen berücksichtigt, welche zu den Bacterien in näherer Beziehung stehen; die vielfach an die Bacterien erinnernden starren mundlosen Monaden, habe ich ausser Acht gelassen, da deren Verwandtschaft noch dunkel ist; dass eine lineare Aneinanderreihung der Gattungen nicht den vielseitigen Berührungspunkten gerecht werden kann, welche zwischen diesen einfachen Lebensformen nach sehr verschiedenen Richtungen hin erkennbar sind, ist ein Mangel, der sich freilich leichter erkennen als beseitigen lässt:

Schizophytae.

Tribus I. Gloeogenae.

Zellen frei oder durch Intercellularsubstanz zu Schleimfamilien vereinigt.

A. Zellen frei oder binär oder quaternär verbunden.

Zellen kugelig ..... *Chroococcus.* Naeg.
Zellen cylindrisch ..... *Synechococcus.* Naeg.

B. Zellen im Ruhezustand zu amorphen Schleimfamilien vereinigt.

a) Die Zellmembranen mit der Intercellularsubstanz zusammenfliessend.

o Zellen nicht phycochromhaltig, sehr klein.

Zellen kuglig ..... *Micrococcus.* Hall. emend.

Zellen cylindrisch ..... *Bacterium.* Duj.

oo Zellen phycochromhaltig, grösser.

Zellen kuglig ..... *Aphanocapsa.* Naeg.

Zellen cylindrisch ..... *Aphanothece.* Naeg.

b) Intercellularsubstanz aus in einander geschachtelten Zellhäuten gebildet.

Zellen kuglig ..... *Gloeocapsa.* Kg. Naeg.

Zellen cylindrisch ..... *Gloeothece.* Naeg.

C. Zellen zu begrenzten Schleimfamilien vereinigt.

c) Zellfamilien einschichtig, in eine Zellfläche gelagert.

o Zellen quaternär geordnet, in einer Ebene. *Merismopedia.* Meyen.

oo Zellen ungeordnet, in eine Kugelfläche gelagert.

Zellen kuglig; Familien netzförmig durchbrochen.

Clathrocystis. Henfr.

Zellen cylindrisch keilförmig, Familien durch Furchung getheilt.

Coelosphaerium. Naeg.

d) Zellfamilien mehrschichtig, zu sphaeroidischen Zellkörpern vereinigt.

o Zellenzahl bestimmt.

Zellen kuglig, quaternär geordnet, farblos.

Sarcina. Goods.

Zellen cylindrisch keilförmig, ungeordnet, phycochromhaltig.

Gomphosphaeria. Kg.

oo Zellenzahl unbestimmt, sehr gross.

Zellen farblos, sehr klein ..... *Ascococcus.* Billr. emend. (p. 154.)

Zellen phycochromhaltig, grösser... *Polycystis.* Kg.

Coccochloris. Spr.

Polycoccus. Kg. u. a.

Tribus II. Nematogenae Rab.

Zellen in Fäden geordnet.

A. Zellfäden stets unverzweigt.

a) Zellfäden frei oder verfilzt.

o Fäden cylindrisch, farblos, undeutlich gegliedert.

Fäden sehr dünn, kurz ..... *Bacillus.* Cohn.

Fäden sehr dünn, lang ..... *Leptothrix.* Kg. em.

Fäden stärker, lang ..... *Beggiatoa.* Trev.

oo Fäden cylindrisch, phycochromhaltig, deutlich gegliedert, Fortpflanzungszellen nicht bekannt ..... *Hypheothrix.* Kg.

Oscillaria. Bosc u. a.

000 Fäden cylindrisch, gegliedert, Gonidien bildend.

Fäden farblos ..... *Crenothrix.* Cohn.
Fäden phycochromhaltig ..... *Chamaesiphon* u. a.

0000 Fäden schraubenförmig,

ohne Phycochrom.

Fäden kurz, schwach wellig..... *Vibrio.* Ehr. em.
Fäden kurz, spiralig, starr ..... *Spirillum.* Ehr.
Fäden lang, spiralig, flexil ..... *Spirochaete.* Ehr.

phycochromhaltig.

Fäden lang, spiralig, flexil ..... *Spirulina.* Link.

00000 Fäden rosenkranzförmig.

Fäden ohne Phycochrom..... *Streptococcus.* Billr.
Fäden phycochromhaltig ..... *Anabaena.* Bory.
Spermosira. Kg. u. a.

000000 Fäden peitschenförmig nach der Spitze verjüngt.

Mastigothrix u. a.

b) Zellfäden durch Intercellularsubstanz zu Schleimfamilien vereinigt.

0 Fäden cylindrisch farblos ..... *Myconostoc.* Cohn[1]).
00 Fäden cylindrisch phycochromhaltig..... *Chthonoblastus, Limnochlide.* Kg. u. a.
0000 Fäden rosenkranzförmig ..... *Nostoc, Hormosiphon* u. a.
00000 Fäden peitschenförmig nach der Spitze verjüngt.

Rivularia. Roth.
Zonotrichia. Ag. u. a.

B. Zellfäden durch falsche Astbildung verzweigt.

0 Fäden cylindrisch farblos ..... *Cladothrix*[2]). Cohn.
Streptothrix[3])?
00 Fäden cylindrisch phycochromhaltig..... *Calothrix.* Ag.
Scytonema. Ag. u. a.
000 Fäden rosenkranzförmig ..... *Merizomyria.* Kg.
Mastigocladus. Cohn.
0000 Fäden peitschenförmig nach der Spitze verjüngt.

Schizosiphon. Kg.
Geocyclus. Kg. u. a.

---

[1]) *Myconostoc* n. g. *filamenta tenerrima achroa implicata convoluta muco inclusa in globulos perparvos congesta.*

M. gregarium sp. unic. globuli gregarii in superficie aquae putridae natantes.

[2]) *Cladothrix* n. g. *filamenta leptotrichoidea tenerrima achroa non articulata stricta vel subundulata pseudodichotoma.*

Cl. dichotoma sp. unic. in aqua putrida.

[3]) *Streptothrix* n. g. *filamenta leptotrichoidea tenerrima achroa non articulata stricta vel anguste spiralia, parce ramosa.*

Str. Foesteri sp. unic. filamenta in Micrococco mucoso nidulentia, concretiones in canaliculo lacrimali hominis raro repertas componentia.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel V.

Fig. 1. Apparat zum Waschen der Luft und zur Entwicklung der in der Atmosphäre suspendirten lebensfähigen Keime. (Vgl. p. 148.)

Ascococcus Billrothii (p. 151).

Fig. 2. Grosse knollige Zellfamilie, umgeben von kleineren, und in *Micrococcus* eingelagert; Fig. 3. zwei, Fig. 4. drei Zellfamilien von gemeinschaftlicher Gallertkapsel umhüllt; Fig. 5. acht grössere und kleinere Colonien in einer Hülle. Vgr. 65.

Myconostoc gregarium (p. 183).

Fig. 6. Gallertkugeln mit eingelagerten unregelmässig zusammengerollten Zellfäden; a. und b. einfache Kugeln; c. Theilung der Kugel, beginnt mit der Zweitheilung des Fadens; d. ein grösserer Fadenknäuel in Zweitheilung begriffen; e. der Faden rollt sich auseinander, unter Auflösung der Gallerthülle; f. der Faden zerfällt in ringförmige Stücke. Vgr. 600.

Streptothrix Foersteri (p. 186).

Fig. 7. Verzweigte und schraubig gelockte Fäden aus einer talgartigen Masse im Thränenkanälchen eines Menschen; a. Fäden mit *Micrococcus* eingebettet, die übrigen durch Auswaschen des *Micrococcus* isolirt; *ein dickerer Mycelartiger Faden. Vgr. 600.

Cladothrix dichotoma (p. 185).

Fig. 8. Dichotome Fäden bilden weisse Schleimmassen an der Oberfläche faulender Flüssigkeiten. Vgr. 100; a. falsche Dichotomien deutlich erkennbar. Vgr. 600.

Bacillus anthracis (p. 199).

Fig. 9. Bacillen aus dem Blute eines am Milzbrand gestorbenen Rindes, nach dem Tode untersucht. Vgr. 600.

Bacillus subtilis (p. 194).

Fig. 10. a. Fadenbacterien aus dem Labaufguss lebhaft bewegt; b. mit Sporen an einem; c. an beiden Enden; d. Sporen mit kurzen Fäden (gekeimte Sporen?).

Fig. 11. Fadenbacterien aus einem Aufguss von gekochten Erbsen, in dem Buttersäuregährung eingetreten war, Sporenbildung in Reihen. Vgr. 600.

Fig. 12. Absatz aus dem Labaufguss, *Micrococcus* mit eingelagerten *Bacillus*-sporen.

Micrococcus Bombycis (p. 200).

Fig. 13. Aus dem Magensaft lebender Seidenraupen, die an Schlaffsucht *(flaccidezza)* erkrankt sind; ovale Zellen, paarweise oder in längeren und kürzeren Ketten aneinander gereiht. Vgr. 600.

Tafel VI.

Clathrocystis roseo-persicina (p. 157).

Fig. 1. a. Einzelne Zellen, in 2 oder 4 getheilt; b. junge Zellfamilien von einer Gallerthülle eingeschlossen; Fig. c. eine etwas ältere Zellfamilie, beide beweglich; Vgr. 600.

Fig. 2. Junge Hohlkugeln; 3 eine Zwillingsfamilie. Vgr. 65.

Fig. 4. Eine junge Hohlkugel; 5 eine unregelmässige sackförmige Zellfamilie, beide in rotirender Bewegung begriffen. Vgr. 600.

Fig. 6. Aeltere Hohlkugeln mit halbkugligen Protuberanzen. Vgr. 65.

Fig. 7. Ein Stück desselben stärker vergrössert. Vgr. 300.

Fig. 8. Eine Hohlkugel durch Ablösen der Protuberanzen netzförmig durchbrochen. Vgr. 200.

Fig. 9. Eine netzförmige Zellfamilie in Auflösung begriffen, mit zahlreichen Protuberanzen, die zu selbstständigen Hohlkugeln sich gestalten. Vgr. 65.

Fig. 10. Eine netzförmige Zellfamilie von besonders zierlicher Ausbildung. Vgr. 65.

Monas Warmingii (p. 167).

Fig. 11. Bewegte Monaden mit Geissel; *beginnende, **weiterfortgeschrittene Quertheilung; Vgr. 600.

Monas Okenii (p. 164).

Fig. 12. Lebhaft bewegte Monaden; *beginnende Quertheilung; **mit Alcohol entfärbt. Vgr. 600.

Monas vinosa (p. 162).

Fig. 13. Lebhaft bewegte und in Quertheilung begriffene Monaden; die Geisseln wurden nicht deutlich erkannt. Vgr. 600.

Rhabdomonas rosea (p. 167).

Fig. 14. Langsam bewegte Monaden, *in Quertheilung begriffen. Vgr. 600.

Ophidomonas (Spirillum) sanguinea Ehr. (p. 169).

Fig. 15. Monaden mit Geissel an einem, *an beiden Enden, Beginn der Quertheilung; **halbe Windung. Vgr. 600.

Spirochaete Obermeieri (p. 195).

Fig. 16. Schraubenfäden zwischen **Blutkörperchen lebhaft bewegt; *kurz vor dem Abfall des Fiebers. Vgr. 600.

Bacillus ruber Frank. (p. 181).

Fig. 17. Stäbchen, auf Reis rothe Flecke bildend.

Micrococcus fulvus (p. 181).

Fig. 18. Colonien, rostrothe Schleimtropfen auf Pferdemist bildend.

Sämmtliche Abbildungen sind mit Hartnack'schen Objectiven, die Figuren 2, 3, 6—10 von Herrn Dr. Kirchner, 16 von Herrn Dr. Weigert, die übrigen von mir gezeichnet.

Untersuchungen über Bacterien.

III. Beiträge zur Biologie der Bacterien.

1. Die Einwirkung verschiedener Temperaturen und des Eintrocknens auf die Entwicklung von Bacterium Termo Duj.

Von

Dr. Eduard Eidam.

Zahlreiche und in mannigfacher Weise abgeänderte Untersuchungen sind in den letzten Jahren über die in vieler Beziehung so wichtige Frage angestellt worden, welche Temperaturgrade erforderlich seien, um die Lebensfähigkeit der Bacterien aufzuheben. Die einzelnen Forscher kamen dabei zu ganz verschiedenen, oft völlig entgegengesetzten Resultaten, so dass die Einen verhältnissmässig niedrige, die Andern ausserordentlich hohe Temperaturen als Tödtungsgrenze für die Bacterien angaben.

Zum nicht geringen Theil ist die Schuld für solche Widersprüche in den abweichenden Methoden zu suchen, welche bei diesen Experimenten befolgt wurden, hauptsächlich aber lag sie an den unklaren Vorstellungen, die man bis vor kurzer Zeit unter dem Begriff „Bacterien“ zusammenfasste.

Erst nachdem durch Aufstellung von leicht erkennbaren und constanten Merkmalen die Unterscheidung der einzelnen Bacterienarten mit Sicherheit ausgeführt werden konnte, war es möglich, die Lebensverhältnisse dieser Organismen durch die exacte Forschung kennen zu lernen; es stellt sich derselben nunmehr die Aufgabe, die Lebensbedingungen und die Entwicklungsgeschichte jeder einzelnen Bacterienspecies zu ermitteln. In den folgenden Untersuchungen habe ich mich zunächst bemüht, für das gemeinste aller Bacterien, welches als das eigentliche Fäulnissferment zu betrachten ist, einige biologische Bedingungen festzustellen. Die gedeihliche Entwicklung und Vermehrung eines jeden Organismus ist an das Vorhandensein be-

stimmter Temperaturgrade geknüpft, jedes Plus und jedes Minus ist von Einfluss. Wie gestaltet sich nun die Entwicklung des *Bacterium Termo* Duj. innerhalb der Grenzen verschiedener Temperaturen? Welche Temperaturen bringen die Vermehrung dieses Organismus zum Stillstand? bei welcher Temperatur beginnt seine in Zweitheilung bestehende Vermehrung und wann ist diese Vermehrung und damit im Zusammenhang die Energie des Fäulnissprocesses am lebhaftesten? Welchen Einfluss endlich hat das Austrocknen auf die Lebensfähigkeit desselben?

Dies waren die Fragen, deren Lösung ich in Folge der Aufforderung von Herrn Prof. Ferdinand Cohn nach einer von demselben vorgeschlagenen Untersuchungsmethode während des Winters 1873 im pflanzenphysiologischen Institut der Universität Breslau auszuführen mich bemühte.

Das Verhalten des *Bacterium Termo,* den extremen Temperaturen gegenüber, ist von Prof. Cohn und Dr. Horwarth im hiesigen Institut bereits untersucht und diese Untersuchungen im 2. Heft dieser Beiträge veröffentlicht worden[1]). Darnach verträgt dieses *Bacterium* nur eine Erwärmung bis zu 60°—62° C.; darüber hinaus oder bei diesen Temperaturen selbst eine Stunde lang erhitzt erlischt seine Lebensfähigkeit. Es gilt dies nur, wenn *Bacterium Termo* sich innerhalb einer klaren wässrigen Nährflüssigkeit befindet. Zu dem nämlichen Resultat kam nebst andern Forschern auch Dr. Schröter in Rastatt, welcher als wirkliche Tödtungstemperatur 59° C. angiebt. Auch dies ist nur für wässrige Flüssigkeiten gültig, innerhalb schleimiger oder fester Körper scheint *Bacterium Termo* eine höhere Temperatur auszuhalten. Dr. Horwarth hat die Versuchsreihe weiter insofern ausgedehnt, dass er die Entwicklung von Bacterien auch bei niederen Temperaturen ins Auge fasste. Er kam zu dem Resultat, dass die Bacterien eine sehr niedrige Temperatur, in seinen Versuchen bis — 18° C. zu ertragen im Stande sind, ohne dass sie desshalb getödtet werden. Vielmehr verfallen sie dabei nur in eine Art von Kältestarre und bei erhöhter Temperatur werden sie wieder lebensfähig und können sich weiter vermehren. So begannen eingefrorene Spirillen beim allmählichen Steigen der Temperatur wieder ihre schraubenartig drehenden Bewegungen[2]).

Untersuchungsmethode. Was die von mir ausgeführten Versuchsreihen zur Beantwortung der oben erwähnten Fragen anlangt, so wurde als Nährflüssigkeit für *Bacterium Termo* die bereits von Prof.

[1]) l. c. p. 213. [2]) l. c. p. 221.

Cohn vielfach benützte und von ihm als normale Bacterien-nährflüssigkeit bezeichnete Mischung verwendet mit dem Unterschiede, dass der unlösliche dreibasisch phosphorsaure Kalk durch die gleiche Menge Chlorcalcium ersetzt wurde. Die Mischung war also folgendermassen zusammengesetzt:

saures phosphorsaures Kali 1,0
schwefelsaure Magnesia 1,0
neutrales weinsteinsaures Ammoniak 2,0
Chlorcalcium 0,1
destillirtes Wasser 200,0.

Die Salze lösen sich bei gewöhnlicher Temperatur sehr leicht im Wasser, die klare sauer reagirende Lösung wird filtrirt und sie bewährt sich ausserordentlich gut zur Ernährung speciell von *Bacterium Termo*. Ich bereitete diese Flüssigkeit immer in der oben angegebenen Quantität und hielt dieselbe sehr häufig vorräthig; in der Kälte scheiden sich häufig geringe Mengen sehr kleiner Krystalle aus, welche wahrscheinlich phosphorsaure Ammoniak-Magnesia sind. Dies war jedoch bei meinen Experimenten nicht im Mindesten störend, denn die Lösung bleibt im Uebrigen völlig intact, klar und frei von Bacterien, wenn sie nur in einen Raum gebracht wird, dessen Wärme nicht + 5° C. überschreitet; denn bei so niederen Temperaturen findet, wie dies weiter unten ausführlicher angegeben wird, keine Vermehrung der Bacterien statt.

Meine Versuche gingen zunächst dahin, die niedrigste Grenze für die Vermehrungsfähigkeit der Bacterien (worunter ich hier immer nur *Bacterium Termo* verstehe) zu ermitteln und dann aufwärts ebenso die höchste Temperaturgrenze. Im hiesigen Institut sind verschiedene Räume vorhanden, deren fast ganz constante Temperatur mir vortrefflich bei Ausmittelung der niedersten Wärmegrade für die Bacterien zu Statten kam. In einem solchen Raume wechselte die Temperatur während der Monate Januar und Februar bis Mitte März von + $3\frac{1}{2}$ bis zu $6\frac{1}{2}$° C., sie blieb einmal wochenlang auf $4\frac{1}{2}$° bis $5\frac{1}{2}$° C. stehen. Eine andere Localität, welche an geheizte Zimmer anstösst, zeigte in der Nähe der Fenster während der angegebenen Zeit die Grenzen von + 6° bis $9\frac{1}{2}$° C., doch blieb auch hier die Temperatur oft tagelang gleichmässig, was auch durch Unterbringen der Versuchsgläser in einen hölzernen oben offenen Kasten einigermassen begünstigt wurde. Wärmegrade von + 10 bis 14° C. konnte ich auch öfters benützen und in den Arbeitsräumen des Instituts selbst war eine durchschnittliche Wärme von + 14 bis 16° C. vorhanden. Für höhere Temperaturen wurden sehr praktische Heiz-

apparate benützt, wie sie Prof. Cohn schon früher bei seinen Versuchen in Anwendung gebracht hatte; dieselben gestatten, durch Regulirung der Gasflamme beliebige Erwärmungen bis zu + 50° C. mit Tag und Nacht anhaltender Gleichmässigkeit auszuführen.

Zu den Versuchen wurden gewöhnliche Reagenscylinder mit etwa zwanzig Gramm obiger Normallösung gefüllt und in jeden derselben vermittelst eines Glasstabes ein Tropfen von einer Flüssigkeit gebracht, die reich bacterienhaltig war, hierauf umgeschüttelt und lose mit einem durchbohrten Kork geschlossen, um das Hineinfallen von Staub zu verhindern. Für die allerersten Versuche verschaffte ich mir *Bacterium Termo* durch Uebergiessen zerkleinerter Erbsen mit Wasser und mehrtägiges Stehenlassen derselben, für alle folgenden aber nahm ich den Bacteriumtropfen aus solchen Reagensgläsern mit Normallösung, für welche bereits die Beobachtung abgeschlossen war und in welchen eine reichliche Bacterienvermehrung stattgefunden hatte.

Die Vermehrung der Bacterien wird makroskopisch sehr leicht daran erkannt, dass die anfangs auch nach Zusatz des Bacteriumtropfens crystallklare Flüssigkeit ganz wenig zu opalisiren beginnt, dies schreitet fort, bis eine immer grössere Trübung entsteht, wobei sich die Bacterien besonders in den obersten Schichten der Flüssigkeit als dichte Schleimwolken ansammeln. Letztere erhält dabei an der Oberfläche eine schon von Cohn beschriebene grünlich-gelbe Färbung und sie entwickelt einen eigenthümlichen käseartigen Geruch [1]).

Je zahlreicher die Bacterien werden, desto mehr verschwindet diese Färbung und desto mehr findet eine allgemeine Vertheilung in der gesammten Flüssigkeit statt, so dass dieselbe zuletzt ziemlich gleichmässig milchige und undurchsichtige Beschaffenheit annimmt.

Um für die anfangs geringe, allmählich sich steigernde Trübung der Bacterien-haltigen Normallösung einen Maassstab zu gewinnen, versuchten wir eine Trübungsskala herzustellen in der Weise, dass kleine cylindrische Fläschchen von dem Durchmesser gewöhnlicher Reagensgläser mit einer Flüssigkeit gefüllt wurden, welche im ersten Fläschchen vollständig klar war, im zweiten spurweise, im dritten doppelt so stark sich trübte als im zweiten, im letzten endlich den höchsten Grad von Trübung zeigte. Zu diesem Zweck verwendeten wir theils eine filtrirte weingeistige Lösung von Canadabalsam, theils mit Wasser aufgeschlämmten kohlensauren Kalk und brachten diese Mischungen in bestimmtem Verhältniss in die zuerst mit je fünf

[1]) l. c. p. 197 u. 206.

Gramm destillirtem Wasser gefüllten Fläschchen. So einleuchtend aber dieses Verfahren beim ersten Anblick erscheint, so wenig bewährte es sich praktisch. Denn die durch Canadabalsam verursachte Trübung ist bei durchfallendem Lichte röthlich durchscheinend, bei auffallendem dagegen zu rein milchweiss und auch die Trübung des kohlensauren Kalkes weicht von der eigentlichen Bacterientrübung ab, so dass wir bald veranlasst wurden, diese Methode aufzugeben. Vielleicht dürfte sie mit einem andern Körper besser ausführbar sein.

Der leitende Gedanke bei meinen Experimenten ging darauf hinaus, dass die Gläser bestimmten Tag und Nacht möglichst constanten Wärmegraden lange Zeit ausgesetzt wurden. Zugleich war ein „Treibkasten" aufgestellt, dessen Temperatur fortwährend auf dem für die Entwicklung und reichliche Vermehrung von *Bacterium Termo* weitaus günstigsten Verhältniss, auf 30 bis 35° C.[1]), erhalten werden konnte.

In diesen Treibkasten wurde bei jeder Versuchsreihe ein Controllcylinder gebracht, um zu sehen, ob der den einzelnen Gläsern zugesetzte Bacteriumtropfen entwicklungsfähig sei. Auch brachte ich je nach den Umständen die Cylinder, nachdem sie die gehörige Zeit in der Versuchstemperatur zugebracht hatten, direct von letzterer aus in die des Treibkastens, also aus ungünstigen in die günstigsten Bedingungen und ich konnte so rasch und sicher in Folge der eintretenden oder ausbleibenden Trübung entscheiden, ob die vorher unthätigen Bacterien entweder ganz getödtet oder ob sie noch fähig zur Vermehrung seien.

Einfluss der Temperaturgrade auf die Lebensfähigkeit des Bacterium Termo. Ich gehe nun zur Mittheilung der ausgeführten Experimente über, deren einzelne öfters in der nämlichen Weise wiederholt wurden.

I. Versuch. In vier Reagenscylinder wurden je 20 Gramm Normallösung und ein Bacteriumtropfen gebracht und geschüttelt; drei derselben setzte ich in Eiswasser bei einer Temperatur von + 1° C., der vierte wurde zur Controlle im Treibkasten bei 30—35° C. untergebracht. Der Inhalt des letzteren opalisirte bereits nach 8 Stunden, nach 24 Stunden war er völlig getrübt; die Gläser im Eiswasser dagegen waren nach 14 Tagen noch völlig crystallhell.

II. Versuch. Dasselbe Verfahren bei einer Temperatur von + 3 bis 4° C.; die Gläser bleiben wochenlang klar.

---

[1]) Cohn, Beiträge Heft II. S. 197.

III. Versuch. Bei + $3\frac{1}{2}$ bis 5^0 C. Die Gläser bleiben vollständig klar, in der vierten Woche erscheinen in zwei derselben sehr feine farblose Mycelflocken, welche sich an der Wandung der Gläser festgesetzt haben und ziemlich klein bleiben. Man erkennt schon mit blossem Auge, dass die Hyphen vom Centrum der einzelnen Flocke radial nach allen Seiten hin ausstrahlen, was ihr Hervorgehen aus einer gekeimten Spore andeutet.

Mit dem Mikroskop untersucht, zeigte dieses Mycel sehr feine dicht verworrene, septirte Fäden, deren Enden und deren zahlreiche Seitenästchen unregelmässige Wirtel von pfriemenförmig verlängerten Zellen entwickelten, welche an der dünn ausgezogenen Spitze je eine längliche, farblose Spore abschnürten. Der Pilz zeigte auf den ersten Anblick einen *Penicillium*-artigen Habitus, doch unterschied er sich bei näherer Betrachtung von diesem in mancher Hinsicht. Er wurde als ein *Monosporium* bestimmt, welches mit dem von Bonorden[1]) abgebildeten *Monosporium spinosum* die grösste Aehnlichkeit besass. Bemerkenswerth ist es, dass diese Hyphomycetenform bei so niedriger Temperatur sich entwickelte. Uebrigens hat auch J. Wiesner[2]) nachgewiesen, dass *Penicillium*-Mycel schon bei + $2{,}5^0$ C. entstehen kann, und dass die Sporenbildung dieses Pilzes bei + 3^0C. stattfindet. Sehr auffallend aber muss es erscheinen, dass unser *Monosporium*, obwohl dessen Mycel vollständig untergetaucht in der Flüssigkeit sich befand, dennoch die Fähigkeit besass, zu fructificiren.

Nach 4 Wochen wurde dieser Versuch beendet und die 4 Gläser, deren Inhalt abgesehen von den, in zweien entstandenen Mycelflocken durchaus klar geblieben war, behufs Untersuchung in den erwärmten Raum des Instituts gebracht, woselbst sie einige Tage lang stehen blieben. Schon nach 3 Tagen begann die Vermehrung der Bacterien; die Flüssigkeit wurde wie immer zunächst von der Oberfläche aus in steigendem Maasse getrübt und zuletzt hatten die Bacterien das Mycel gänzlich verdrängt.

IV. Versuch. Die Gläser von No. I und II wurden nach 14 Tagen in den Treibkasten gesetzt, woselbst sie nach 2 Tagen zu opalisiren anfingen und nach 3 Tagen sehr bedeutend getrübt waren.

V. Versuch. Bei $4\frac{1}{4}$ bis $5\frac{1}{2}^0$ C. Dauer 3 Wochen. Während dieses Versuchs war die Einwirkung der höchsten Temperatur (+ $5\frac{1}{2}^0$ C.) fast eine Woche lang andauernd. Nach 11 Tagen (bei

[1]) Handbuch der allg. Mycologie. Mit 12 Tafeln. Stuttgart 1851.

[2]) Unters. über den Einfluss der Temp. auf die Entwickl. des *Penicillium glaucum*. Sitzb. d. k. Akad. d. Wissensch. I. Abth. April 1873.

Wiederholung des Versuchs nach 13 Tagen) zeigte sich in allen Gläsern eine sehr geringe Opalisirung, welche äusserst langsam bis zu unvollständiger Trübung fortschritt. Letztere war auch nach Beendigung des Versuchs (20 Tage) lange nicht so bedeutend, als es die des Controllglases im Treibkasten schon nach 30 Stunden geworden war.

VI. Versuch. Bei + 4 bis $6\frac{1}{2}^{0}$ C. Eintretende Opalisirung nach 9 Tagen erkennbar, von da an sehr langsam zunehmend, rasch aber sehr intensiv trübe werdend, als die Gläser nach 14 Tagen in den Treibkasten gesetzt wurden.

VII. Versuch. Bei + 7 bis 9^{0} C. Nach 7 Tagen opalisirend, nach 9 Tagen ist eine von der Oberfläche ausgehende schwache Trübung zu bemerken.

VIII. Versuch. Bei + 8 bis $9\frac{1}{2}^{0}$ C. Nach 6 Tagen erkennbare Opalisirung.

IX. Versuch. Bei + 10 bis $12\frac{1}{2}^{0}$ C. Die Flüssigkeit opalisirte nach 4 Tagen, nach 8 war in allen Gläsern Trübung eingetreten.

X. Versuch. Bei + 12 bis 16^{0} C. Ebenfalls nach 3 bis 4 Tagen Opalisiren mit bald folgender reichlicher Trübung unter Bildung der grünlich gelben Schicht von der Oberfläche der Flüssigkeit aus.

XI. Versuch. Bei + 20 bis 25^{0} C. Nach $1\frac{1}{2}$ bis 2 Tagen war stets Trübung vorhanden.

XII. Versuch. Bei + 30 bis 35^{0} C. Diese Temperaturgrade waren dauernd im Treibkasten vorhanden, sie sind die günstigsten für die energische Vermehrung der Bacterien, gewöhnlich schon nach 6 bis 8 Stunden opalisirt die Lösung, nach 12 bis 14 Stunden stellt sich schnell zunehmende Trübung ein unter Auftreten von eigenthümlich käseartigem Geruch.

XIII. Versuch. Bei + 36 bis 40^{0} C. Nach 24 Stunden war noch keine Veränderung in der Flüssigkeit vor sich gegangen, dieselbe war vollständig klar geblieben, in den Treibkasten gesetzt, trübte sie sich nach 20 Stunden vollständig.

XIV. Versuch. Bei + 45^{0} C. Diese Temperatur wirkte Tag und Nacht mit geringen Schwankungen auf drei Versuchsgläser ein; sie waren auch nach 7 Tagen noch ganz unverändert klar geblieben und wurden nach Ablauf dieser Zeit in den Treibkasten gebracht, woselbst sie auch nach 3 Tagen noch nicht ihre durchsichtige Beschaffenheit änderten. Es hatten sich jedoch in 2 Gläsern einige Mycelflocken gebildet, welche grösser wurden, theils innerhalb der Flüssigkeit, theils an der Oberfläche derselben schwammen und an letzterer bald fructificirten. Das Mycel bestand aus langgliedrigen, septirten Hyphen,

von welchen sich zahlreiche, meist scheidewandlose, an der Spitze kolbig angeschwollene Fruchtträger erhoben. Das mit Sterigmen reich besetzte Köpfchen färbte sich bald grünlichschwarz und die einzelnen Sterigmen schnürten Reihen von kugligovalen, schwach bräunlichen Conidien ab. Der Pilz war die Conidienform des gemeinen *Eurotium Aspergillus flavus de Bary,* er trat in den späteren Versuchen sehr häufig auf und zwar immer allein, nie mit *Penicillium* vermischt.

XV. Versuch. Zwei Gläser, welche mit den übrigen zum vorhergehenden Versuch verwendeten die Temperatur von 45° C. während 7 Tagen durchgemacht hatten und völlig klar geblieben waren, wurden mit frischen Bacteriumtropfen versehen und dann im Treibkasten einer Wärme von 30 bis 35° C. ausgesetzt. Bereits nach 2 Tagen waren sie in Folge reichlicher Bacterienvermehrung bedeutend getrübt.

XVI. Versuch. In drei mit 20 Gramm destillirtem Wasser gefüllte Reagircylinder wird ein Bacteriumtropfen gebracht, geschüttelt und dazu kommt je eine geschälte und in kleine Stückchen zerschnittene Erbse. Ferner werden in drei weitere mit destillirtem Wasser und einem Bacteriumtropfen versehene Gläser einige Stückchen in kleine Würfel zerschnittenen hartgekochten Hühnereiweisses gethan. Sämmtliche Gläser befinden sich 14 Tage lang in einer Temperatur von + $3\frac{1}{2}$ bis 5° C. und nach Ablauf dieser Zeit ist in keinem irgend eine Vermehrung von Bacterien zu erkennen, sie sind vielmehr durchaus klar geblieben.

XVII. Versuch. Ebenso hergerichtete Gläser mit Erbsen und Eiweisswürfeln werden im Treibkasten einer Temperatur von 30 bis 35° C. ausgesetzt. Die Gläser mit den Eiweisswürfeln sind schon nach 2 Tagen trübe, am Abend des zweiten Tages entwickeln sie fauligen Geruch; später wird das Eiweiss zum grössten Theil verflüssigt und nach 14 Tagen hatte sich ausser *Bacterium Termo* auch eine *Bacillus*art entwickelt, während die Flüssigkeit einen unangenehm fauligen Geruch annahm.

In den Gläsern mit den Erbsen trat zwar auch sehr bald Trübung ein, doch zeigte sich hier ebenfalls unter dem Mikroskop, wie ich mit Herrn Professor Cohn constatirte, dass neben *Bacterium Termo* besonders zahlreiche zarte und schlanke *Bacillus*fäden vorhanden waren, welche lebhaft hin und her schlängelten und theils an einem, theils an beiden Enden Köpfchen „Dauersporen [1])“ trugen.

[1]) Vergl. Cohn, Beiträge zur Biologie Heft II. p. 176; Heft III. p. 195.

Letztere lagen auch zahlreich isolirt umher. Es entwickelten sich vom Grunde der Gläser aus, woselbst die Erbsenstückchen lagen, viele Gasblasen, die Oberfläche der Flüssigkeit schäumte und es lag klar zu Tage, dass hier neben der eigentlichen Fäulniss noch eine andere Zersetzung stattgefunden haben musste.

XVIII. Versuch. Zwei Gläser mit Erbsen und zwei mit Hühnereiweiss wurden 14 Tage lang einer Temperatur von 44 bis 46° C. ausgesetzt. Von den Gläsern mit Eiweiss blieb eines vollkommen klar und unverändert, die Eiweisswürfel waren auch nach 14 Tagen noch durchaus scharfkantig, es konnte also von einer Vermehrung des *Bacterium Termo* keine Rede sein; das zweite Glas dagegen wurde trübe, das Eiweiss floss auseinander und es bildete sich ein weisses an der Oberfläche der Flüssigkeit schwimmendes Häutchen, welches aus den im vorigen Versuch erwähnten Dauersporen und *Bacillus*fäden bestand. Die Flüssigkeit zeigte einen eigenthümlichen Geruch nach Leim und Käse. In den Cylindern mit den Erbsen war ebenfalls keine Vermehrung von *Bacterium Termo* wahrzunehmen, dagegen waren reichliche Häute, aus jenem *Bacillus* und unzähligen Sporen bestehend, vorhanden, die sich später auffallend schmutzigroth färbten; oft konnte man diese „Sporen" innerhalb der Fäden selbst erblicken. Die Zersetzung und allmähliche Auflösung der Erbsen war von einer continuirlichen Gasentwicklung begleitet und die Flüssigkeit liess schwach buttersäureartigen Geruch erkennen.

Aus den mitgetheilten 18 Versuchen ist nun Folgendes zu entnehmen.

Bei Temperaturen unter + 5° C. wird *Bacterium Termo* zwar nicht getödtet, es verfällt aber in den Zustand der Kältestarre, aus dem es erwacht und zu neuem Leben angeregt wird, sobald es die Einwirkung höherer Temperaturgrade erfährt. Auch bei + 5° selbst findet noch keine Vermehrung statt, dagegen beginnt dieselbe, aber äusserst langsam, sobald die Wärme auf + $5\frac{1}{2}$° C. gestiegen ist. Diese Resultate gehen aus Versuch I. bis V. hervor. Die Vermehrung von *Bacterium Termo,* deren Anfang also bei + $5\frac{1}{2}$° C. zu suchen ist, beschleunigt sich mit jedem neuen Grad Wärme, doch ist sie auch bei + 10° C. verhältnissmässig noch immer nicht sehr bedeutend. Ueber 10° C. beginnt dagegen eine etwas energischere Vermehrung, die mehr und mehr beschleunigt wird, je grösser die Wärme, bis bei Temperaturen zwischen 30—35° C. der Höhepunkt sich geltend macht, Versuch VI. bis XII. Ueber 35° wird die Vermehrung wieder rasch eingestellt, es erfolgt gegen 40° C. der Zustand der Wärmestarre, Versuch XIII. und XIV., welcher anhält bis gegen 60° C., welche Temperatur nach den Untersuchungen der oben

erwähnten Forscher bei einstündiger Einwirkung den Tod für das innerhalb klarer wässriger Flüssigkeiten gleichmässig vertheilte *Bacterium Termo* zur Folge hat.

Es geht aus obigen Versuchen wie es scheint auch hervor, dass *Bacterium Termo* je nach der Dauer der Einwirkung der für seine Entwicklung ungünstigen Wärmegrade längere oder kürzere Zeit in dem Zustand der Unthätigkeit verharrt, wenn es aus seine Vermehrung nicht fördernden Temperaturen in die günstigsten versetzt wird. Im Treibkasten gleicht sich jedoch diese anfangs langsamere Vermehrung durch fortwährendes sich Potenziren der in Milliarden neu entstehenden Individuen bald aus und sie wird schnell eine äusserst rapide.

Da man es unmöglich in seiner Gewalt hat, in jedes zum Versuch zu verwendende Glas mit Normallösung vermittelst des Bacteriumtropfens auch stets die nämliche Zahl von einzelnen Bacterien-Individuen zu bringen, so ist wohl immer der Fall anzunehmen, dass in diesem Glas eine etwas grössere, in jenem eine etwas kleinere Anzahl derselben enthalten sei. Es hängt dies ganz mit der Grösse des Bacteriumtropfens zusammen, den ich übrigens zu allen Versuchen mit gleich grossen Glasstäben genommen habe. Letztere tauchte ich in die Bacterien-haltige Flüssigkeit so weit ein, dass beim Herausziehen nach einigen Secunden ein Tropfen am unteren Ende sich sammelte, welchen ich in die Versuchsgläser einfallen liess. Wegen der im Bacterientropfen vorhandenen Ungleichheit der Bacterienmenge treten daher kleine Schwankungen in der Zeit ein, bis zu welcher die Trübungen entstehen und letztere lässt sich aus diesem Grunde natürlich nicht mit positiver Sicherheit, sondern nur sehr annähernd bestimmen. Die oben angegebenen Stundenzahlen beziehen sich daher auf die jeweiligen Versuchsreihen, doch fand ich nur geringe Abweichungen von denselben bei der oftmaligen Wiederholung obiger Experimente.

Aus Versuch 17, 18 und 19 ergiebt sich, dass der gewöhnliche Fäulnissprocess mit der Vermehrung und raschen Entwicklung des *Bacterium Termo* innig zusammenhängt. Findet dieser Organismus die für ihn ungünstigen Bedingungen, bei unseren Versuchen also eine zu niedrige Temperatur vor, so unterbleibt auch die Fäulniss, letztere wird dagegen ausserordentlich beschleunigt, sobald diese Umstände in das Gegentheil umschlagen, wie es in Versuch 17 der Fall ist. Je grösser die Zahl der Bacterien wird, desto schneller erfolgt die Zersetzung der organischen Nährmittel, welche die ersteren theilweise für ihre Ernährung und Assimilation verwenden. Hand in

Hand damit ist auch die Intensität des Fäulnissgeruches an diese Umstände geknüpft. Daher kommt es, dass unter + 5° C. und über + 45° überhaupt keine durch *Bacterium Termo* hervorgebrachten fauligen Zersetzungen mehr stattfinden, dagegen sind nach Versuch 18 bei letzterer Temperatur noch die *Bacillus*fäden lebensfähig, wie dies schon früher auch von Prof. Cohn[1]) nachgewiesen worden ist. Diese bewirken aber eine ganz andere Zersetzung als *Bacterium Termo,* sie scheinen die Buttersäuregährung hervorzurufen und dieser Umstand liefert mit einen Beweis, dass, wie diese beiden differenten Zersetzungsprocesse vom chemischen Standpunkte aus, so auch die Urheber derselben, *Bacterium Termo* einerseits und obige *Bacillus*fäden andererseits, als gesonderte Arten streng auseinandergehalten werden müssen.

Bei Versuch 17, woselbst in einem Glas mit Eiweisswürfeln eine Combination der beiden Processe stattgefunden hatte, waren die *Bacillus*keime höchst wahrscheinlich bei Zusatz des Bacteriumtropfens mit in die Flüssigkeit gelangt und so deren nachträgliche Entwicklung veranlasst worden.

Versuch 15 zeigt, dass nicht, wie es vielleicht angenommen werden könnte, durch lang fortgesetztes Erwärmen eine solche chemische Umwandlung in der Normallösung vor sich geht, welche dieselbe unfähig zur Ernährung der Bacterien machen könnte.

Einfluss der Dauer der Erwärmung. Der auffallende Umstand, der aus Versuch 13 und 14 erhellt, dass *Bacterium Termo*, sobald es einer Temperatur von 40° und höher perpetuirlich ausgesetzt wird, überhaupt sich nicht mehr entwickelt, brachte uns auf den Gedanken, zu ermitteln, ob es bei diesen ununterbrochen einwirkenden hohen Wärmegraden schon getödtet werden könne, wenn es nur gehörig lange Zeit dieselben aushalten würde und, falls dies geschehe, die Zeit zu ermitteln, welche zu diesem Zweck erforderlich wäre. Ich stellte daher neue Versuchsreihen an in der Weise, dass ich die in Reagenscylinder gefüllte Normallösung erst aufkochte, dieselbe dann auf den zum Versuch in Anwendung zu bringenden Wärmegrad erkalten liess, hierauf einen Bacteriumtropfen vermittelst eines Glasstabes in dieselbe hineinbrachte, umschüttelte und sie, lose mit einem durchbohrten Korke bedeckt, sofort der continuirlichen Einwirkung der jeweiligen Temperatur vermittelst des Heizkastens aussetzte. Nach bestimmter Zeit wurden die Gläser aus letzterem

[1]) Heft II. dieser Beiträge p. 176 u. 218.

genommen und in den Treibkasten gestellt, um so schnell und mit Sicherheit über die etwa noch vorhandene oder nicht vorhandene Lebensfähigkeit der Bacterien entscheiden zu können.

Auch bei diesen Experimenten wurde für jede Versuchsreihe ein Controllcylinder mit Normallösung auf die für die übrigen Gläser geltende Weise vorbereitet und mit einem Bacteriumtropfen versehen, dann aber sogleich in den Treibkasten gebracht; er war stets nach Verlauf von 24 Stunden völlig getrübt.

Die zur Beantwortung obiger Fragen unternommenen Versuche waren folgende:

I. Versuch. Es werden Reagensgläser auf die angegebene Weise vorbereitet und dann einer dauernden Wärme von 40 – 42° C. ausgesetzt. Verwendet werden im Ganzen 12 Gläser; nach 10, nach 13, 16, 19, 22 und nach 25 Stunden werden immer je zwei von ihnen herausgenommen und der 30 bis 35° C. betragenden Wärme des Treibkastens ausgesetzt. Diese Gläser zeigten nun folgendes Verhalten: die 10 Stunden lang erwärmten trübten sich schon nach 24 Stunden, nach 36 Stunden zeigten sie bereits die grünliche Oberschicht verbunden mit sehr starker Trübung. Auch die längere Zeit der Temperatur von 40° C. ausgesetzt gewesenen Gläser opalisirten im Verlauf des zweiten Tages, zuerst die 13 Stunden, zuletzt die 25 Stunden lang erwärmten. Am dritten Tage ist die Trübung und folglich auch die Bacterienentwicklung in allen eine gleichmässige geworden.

II. Versuch. Erwärmung der Versuchsgläser auf 45 bis 47° C. und zwar je eine halbe Stunde, eine Stunde, zwei und drei Stunden lang, darauf Einsetzen in den Treibkasten. Auch hier kam die Trübung zuerst bei den eine halbe Stunde lang erwärmten Gläsern zum Vorschein und zwar schon nach 16 Stunden, dann folgte sie schnell auch bei den übrigen, so dass nach 24 Stunden sämmtliche Gläser getrübt waren.

III. Versuch. Erwärmung auf 45 bis 47° C., eine Temperatur, welche auf die Gläser je 4, 8, 12, 16, 20, 24 und 30 Stunden lang einwirkte. Bei den vier und achtstündig erwärmten trat das Opalisiren ziemlich gleichzeitig ein, es war nach 20 Stunden erfolgt. Es trübten sich ferner die 12 Stunden lang erwärmten Gläser nach zwei Tagen, alle übrigen blieben klar, doch entstanden in denselben, ohne dass aber die Flüssigkeit getrübt wurde, nach einigen Tagen feine Mycelflocken, welche als die oben beschriebene Conidienform von *Eurotium Aspergillus flavus de By.* fructificirten.

IV. Versuch. Erwärmung auf 45 bis 47° C. je 12, 13 und

14 Stunden lang. Die zwölfstündig erwärmten Gläser blieben mehrere Tage völlig klar, dann entwickelten sich Mycelflocken, bald darauf trat Opalisiren der Flüssigkeit ein und dieselbe wurde immer mehr trübe. Von den 13 Stunden lang erwärmten Gläsern blieb eines vollständig klar auch noch nach 5 Tagen, im andern entstanden Mycelflocken. Die 14 Stunden auf obiger Temperatur gehaltenen Gläser blieben aber durchaus rein und klar.

V. Versuch. Gläser mit Normallösung und einem Bacteriumtropfen werden bei constanter Temperatur von 50 bis 52° C. gehalten, zu jedem Versuch 2 Gläser je 4, 6, 8, 10 Stunden lang. Diese sämmtlichen Gläser bleiben 4 Tage lang im Treibkasten klar, dann entwickeln sich einige Mycelflocken, aber keine Bacterien.

VI. Versuch. Erwärmung auf 50 bis 52° C. je $\frac{1}{2}$, 1, 2, 3 und 4 Stunden lang. Getrübt waren die $\frac{1}{2}$ und 1 Stunde lang erwärmten nach 2 Tagen, die 2stündig bei obiger Temperatur gehaltenen trübten sich nach 4 Tagen, von den übrigen trat bei einem Mycelbildung ein, während alle andern 3 und 4 Stunden lang erwärmten auch nach mehreren Tagen klar blieben.

Die aufgeführten Versuche haben ergeben, dass ein continuirliches Erwärmen von *Bacterium Termo* in Nährlösung auf 40° C. selbst nach 25 Stunden nicht hinreicht, um dasselbe zu tödten. Doch tritt je nach der Dauer dieser Erwärmung eine Wärmestarre ein, was aus der nach dem Einsetzen in den Treibkasten anfangs etwas verzögerten Entwicklung der Bacterien zu erkennen ist. Dagegen wird die Lebensfähigkeit dieser Organismen durch constante höhere Temperaturen aufgehoben und ein 13- bis 14stündiges Erwärmen bei einer mittleren Temperatur von 46° C., sowie ein schon 3stündiges bei im Mittel 51° C. genügt, um *Bacterium Termo* zu tödten. Letztere Versuche wiederholte ich sehr oft und ich habe die hier erwähnten beliebig ausgewählt. Es war ganz besonders schwierig, die Flüssigkeiten frei von Mycelflocken zu erhalten und es gelang letzteres nur dann, wenn in dem auf gut Glück genommenen und der Normallösung zugesetzten Bacterientropfen eben keine Sporen enthalten waren. Dies ist bei Versuch 4 und 6 möglichst der Fall gewesen.

Sehr eigenthümlich ist es, dass dieses Mycelium immer dasjenige von *Eurotium Aspergillus flavus de By.* gewesen ist, niemals entwickelte sich das gemeine *Penicillium,* obwohl sich letzteres im Institut auf verschiedenen Substanzen fructificirend vorfand. Die Mycelflocken lassen zwar die Normallösung vollständig klar, sie zehren aber einen Theil der vorhandenen Nährstoffe auf und machen

daher das Resultat unsicher, weshalb man auch alle Gläser, in welchen sie entstanden sind, als unbrauchbar verwerfen muss. Wird einem solchen Glas, in welchem Mycel zum Vorschein gekommen ist, noch nachträglich ein Bacteriumtropfen zugesetzt, so kommt es jedoch häufig vor, dass der Pilz von den sich reichlich vermehrenden Bacterien verdrängt und dass dann die Flüssigkeit eben so sehr getrübt wird, als ob gar kein Mycel vorhanden gewesen wäre.

Ich will noch erwähnen, dass das Mycelium bei einigen Versuchen innerhalb der Nährflüssigkeit selbst noch bei einer dauernden Wärme von + 45° C. zu entstehen im Stande war.

Einfluss des Eintrocknens auf die Lebensfähigkeit des Bacterium Termo. Zur Orientirung über den Einfluss des Austrocknens auf die Lebensfähigkeit von *Bacterium Termo,* eine Frage, welche von Burdon Sanderson[1]) schon früher in Angriff genommen worden ist, ferner um das Verhalten gegen chemische Stoffe kennen zu lernen, machte ich noch folgende Versuche:

I. Versuch. (1) Glasstäbe wurden geglüht und nach dem Erkalten in Reagircylinder mit Normallösung gebracht. Das letztere geschah (2) mit anderen Glasstäbchen, welche vorher nur mit der blossen Hand berührt worden waren. Endlich wurden (3) Glasstäbe in von reichlicher Bacterienvermehrung getrübte Normallösung getaucht, dann an der Luft eine Stunde lang bei + 16° C. getrocknet und hierauf erst, vermittelst eines durchbohrten Korkes gehalten, in die Nährlösung hineingehängt. Letztere wurde zu diesen und auch zu allen folgenden Versuchen vorher aufgekocht. Die Cylinder mit den geglühten Glasstäben (1), welche zugleich als Controle für die Reinheit der Nährlösung dienten, blieben selbst nach 8 Tagen im Treibkasten klar, ebenso die mit den nicht geglühten, bloss mit der Hand berührten Glasstäben (2), dagegen war die Flüssigkeit in (3) nach 30 Stunden vollständig trübe geworden.

II. Versuch. Glasstäbe, welche in Bacterienhaltige Flüssigkeit getaucht und dann zum ersten Versuch 24 Stunden, zum zweiten 7 Tage lang bei durchschnittlicher Zimmertemperatur von + 15 bis 16° C. getrocknet worden waren, wurden ebenfalls in Cylinder mit aufgekochter Normallösung hineingehängt. Die ersteren liessen im Treibkasten nach 30 Stunden ein Opalisiren, nach 2 Tagen völlige Trübung der Flüssigkeit wahrnehmen und auch die eine Woche lang getrockneten Glasstäbe hatten nach Verlauf von zwei Tagen Trübung hervorgebracht.

---

[1]) *Quarterly Journal of the Microsc. Society.* Oct. 1871.

III. Versuch. In reich Bacterien enthaltende Nährlösung eingetauchte Glasstäbe wurden bei andauernder Wärme von 50 bis 52° C. getrocknet und zwar je zwei 1, 2, 3, 4, 5 und 6 Stunden lang, dann in Normalflüssigkeit gebracht. Nach 30 Stunden bemerkbares Opalisiren, welches nach zwei Tagen bis zur Trübung fortgeschritten war und zwar in den Gläsern, in welchen sich die eine Stunde lang getrockneten Glasstäbe befanden. Auch die zwei und drei Stunden lang erwärmten trübten sich sehr bald, ebenso die übrigen, so dass nach zwei Tagen die Flüssigkeit sämmtlicher Gläser reichlich Bacterien enthielt.

Die Controlgläser blieben bei diesem wie beim vorigen Versuch unverändert und klar.

IV. Versuch. Glasstäbe wurden in Bacterien-haltige Flüssigkeit eingetaucht, dann eine Stunde lang bei 15° C. getrocknet, hierauf je drei derselben in Ammoniak, Alkohol, Carbolsäure (rohe) und Salzsäure (offic.) einen Moment gebracht, worauf sie wieder an der freien Luft eine Stunde lang abgetrocknet und endlich in Nährflüssigkeit eingehängt wurden. Nach 30 Stunden waren die Gläser mit den in Ammoniak und die mit den in Alkohol getauchten Glasstäben ziemlich gleichmässig getrübt, die mit „Carbolsäure-Glasstab“ versehenen trübten sich ebenfalls nach zwei Tagen, völlig klar dagegen blieben die den „Salzsäure-Glasstab“ enthaltenden Cylinder.

Diese Experimente zeigen, dass *Bacterium Termo* seine Lebensfähigkeit weder durch langes Trocknen bei gewöhnlicher Temperatur, noch selbst bei 50° C. einbüsst, auch wenn es bis sechs Stunden lang diesem Wärmegrad ausgesetzt wird.

Dass die Bacterien in trockener Luft eine viel höhere Temperatur auszuhalten im Stande sind als innerhalb von Flüssigkeiten, ist insofern wahrscheinlich, als man annehmen kann, ihre Membran trockne in solchem Falle aus, schrumpfe ein und bilde so einen schützenden Mantel um das innen befindliche Protoplasma. Denn letzteres ist wie bei allen Zellen der eigentliche Lebensstoff, dessen normaler oder abnormer Zustand auch über das Schicksal der Bacterienzelle entscheidet. Die Dicke und Resistenz der umgebenden Membran ist daher von grösstem Einfluss auf Leben und Tod des Protoplasmas, sobald schädliche Einwirkungen sich auf dasselbe geltend machen und es scheinen auch in dieser Beziehung die verschiedenen Bacterienformen von einander abzuweichen.

Nach Versuch 4 hat von den angewendeten Flüssigkeiten nur die Salzsäure die Fähigkeit, *Bacterium Termo* zu vernichten; es gilt dies nicht einmal von der Carbolsäure, wenigstens nicht für

die im Versuch zur Geltung gekommene kurze Dauer der Einwirkung. Dass *Bacterium Termo* nicht allgemein auf Oberflächen verbreitet sich findet, beweist das in Versuch I. erwähnte Resultat mit den bloss mit der Hand berührten Glasstäben.

Resumé. Die in Vorstehendem berichteten Untersuchungen über *Bacterium Termo* lassen sich in folgende Hauptsätze zusammenfassen:

1) *Bacterium Termo* befindet sich bei Wärmegraden unter $+ 5^{0}$ C. in Kältestarre, $+ 5\frac{1}{2}^{0}$ C. ist die Temperatur, bei welcher seine Vermehrung beginnt, welche aber in diesem Zustand nur sehr langsam vor sich geht.

2) Temperaturen von 30 bis 35^{0} C. sind die günstigsten für seine rasche Vermehrung.

3) Wird *Bacterium Termo* Temperaturen von 40^{0} C. und mehr continuirlich ausgesetzt, so hört seine Vermehrungsfähigkeit auf, es verfällt in den Zustand der Wärmestarre, aus dem es erwacht, sobald es wieder in günstige Bedingungen gebracht wird.

4) Ein 14stündiges andauerndes Erwärmen auf 45^{0} C. und ein 3stündiges auf 50^{0} C. genügt, um das innerhalb wässriger Nährlösung gleichmässig vertheilte *Bacterium Termo* zu tödten.

5) Die gewöhnlich als „Fäulniss" bezeichneten Zersetzungsprocesse werden durch die Lebensthätigkeit von *Bacterium Termo* ebenso hervorgerufen wie die Alkoholgährung durch die *Saccharomyces*arten. Lebhafte Vermehrung von *Bacterium Termo* bedeutet immer lebhafte Fäulniss und umgekehrt; letztere kommt zum Stillstand, sobald durch zu geringe oder durch zu hohe Temperaturen *Bacterium Termo* seine Vermehrung einstellt[1]).

6) Wie *Bacterium Termo* als eigentlicher Erreger der Fäulnissprocesse todter organischer Materie gelten muss, so scheinen auch die übrigen Bacterienformen Zersetzungen anzuregen, die je nach der Species in mannigfacher Weise von einander abweichen.

7) *Bacterium Termo* besitzt die Fähigkeit, langem Austrocknen bei hohen und bei niederen Temperaturen Widerstand zu leisten und seine Lebensfähigkeit zu bewahren.

Gerade der Umstand, dass die verschiedenen Bacterienformen verschiedene Ernährungsbedingungen erfordern und dass sie sich auch den chemischen und physikalischen Einflüssen gegenüber verschieden verhalten, ist ein weiterer Beweis für den streng durchzuführenden Speciesunterschied. Denn der Kampf ums Dasein in der freien Natur zwischen Pflanzen und Thieren wird auch von den

[1]) Cohn, Beiträge Heft II. p. 202.

Bacterien in gegenseitiger Vertilgung geführt und diejenigen Arten werden die Oberhand behalten, welche die grösste Widerstandsfähigkeit besitzen und sich am leichtesten den gegebenen Bedingungen anpassen.

Unsere Aufgabe muss dahin gerichtet sein, nicht allein für *Bacterium Termo,* sondern auch für die andern am leichtesten zu erlangenden Bacterienformen die biologischen Verhältnisse festzustellen und so, von Species zu Species vorwärtsschreitend, unser Wissen zu vermehren. Wäre es möglich, eine Methode aufzufinden, vermittelst welcher die einzelnen Species isolirt und getrennt von einander untersucht werden könnten, so müsste dies als grosser Fortschritt gelten. Dass die Ausführung solcher Bedingungen aber nicht unmöglich ist, zeigt der oben angegebene Versuch mit den Erbsen, woselbst sich, bei einer Temperatur von 45 ° C., allein nur noch die *Bacillus*form entwickelt und *Bacterium Termo* vollständig verdrängt hatte. Die Kenntniss der Lebensbedingungen der zahlreichen in freier Natur vorhandenen Bacterienformen, ferner die Art der von ihnen bewirkten Zersetzungen im Substrat wird nicht bloss wissenschaftliches Interesse in Anspruch nehmen, sie ist auch von hervorragend praktischer Bedeutung und sie wird besonders zur Lösung jener schwierigen Fragen über die Ursachen der Infectionskrankheiten bei höheren Thieren und beim Menschen beitragen, Untersuchungen, welche in der letzten Zeit mit so lebhaftem Eifer aufgenommen worden sind.

Abgeschlossen den 10. October 1875.

Druck von Robert Nischkowsky in Breslau.

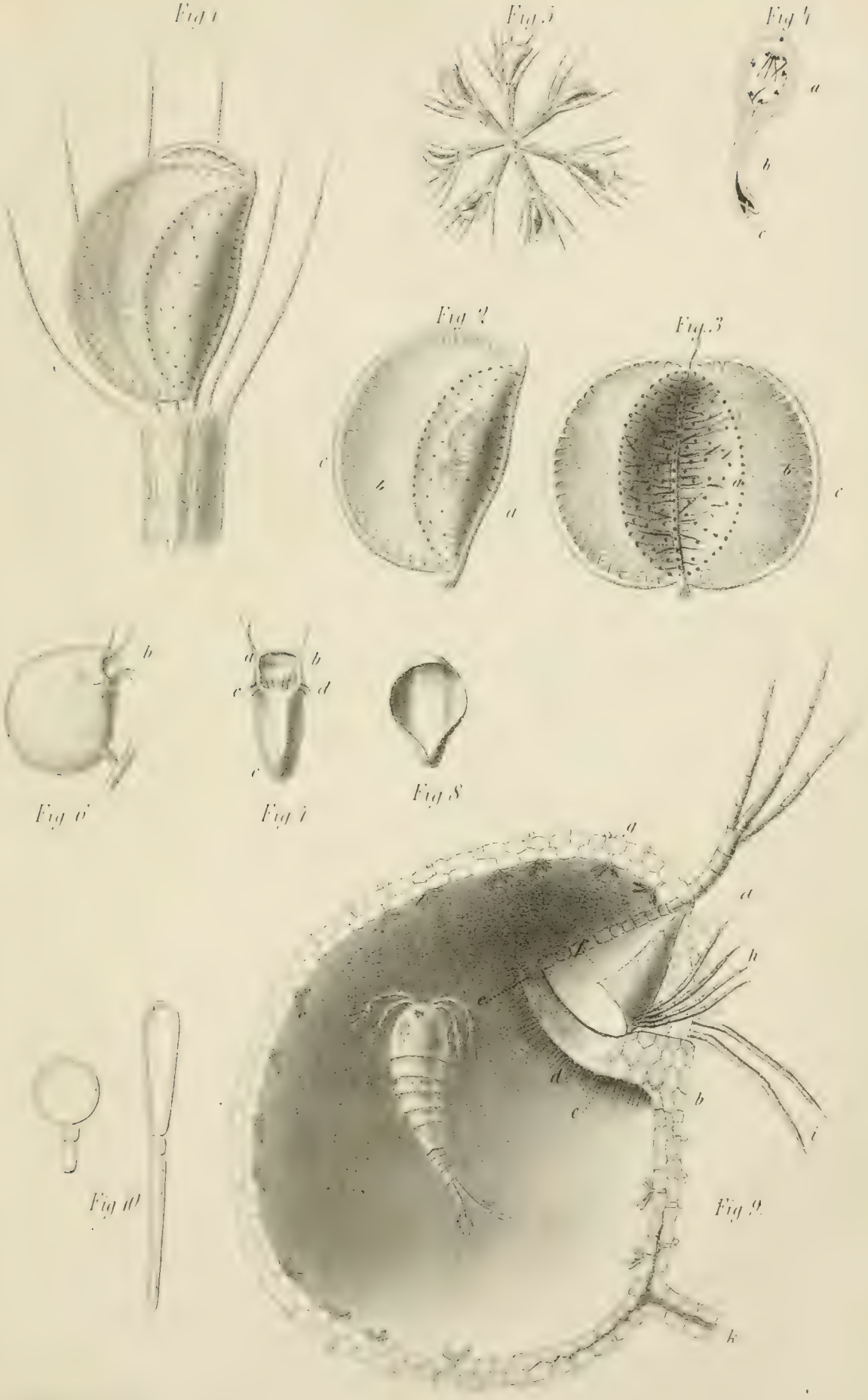
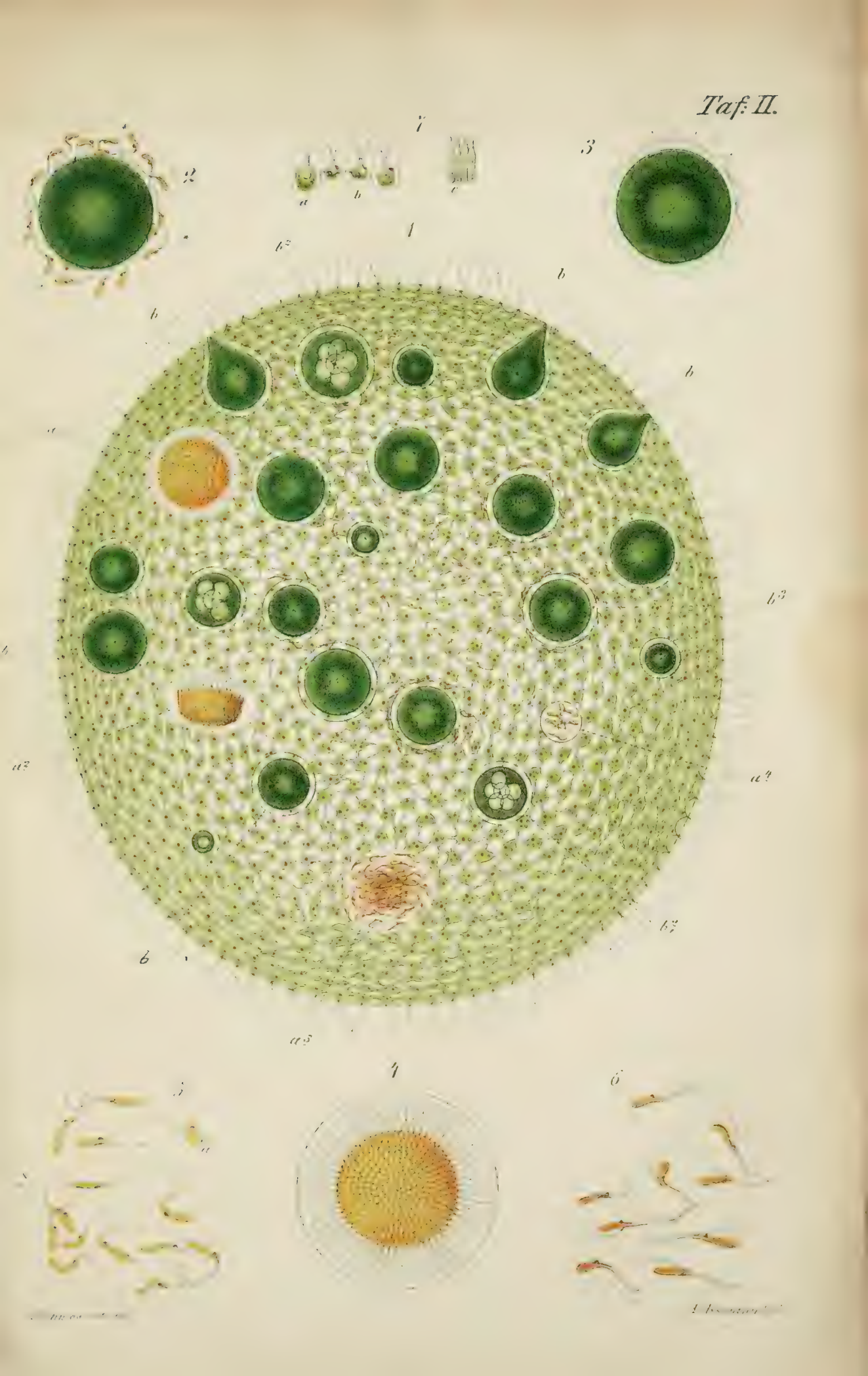


Fig. 1-5 Aldrovanda vesiculosa 6-10 Utricularia vulgaris.

Lith u Druck v S Schneider d Breslau

Taf. II.



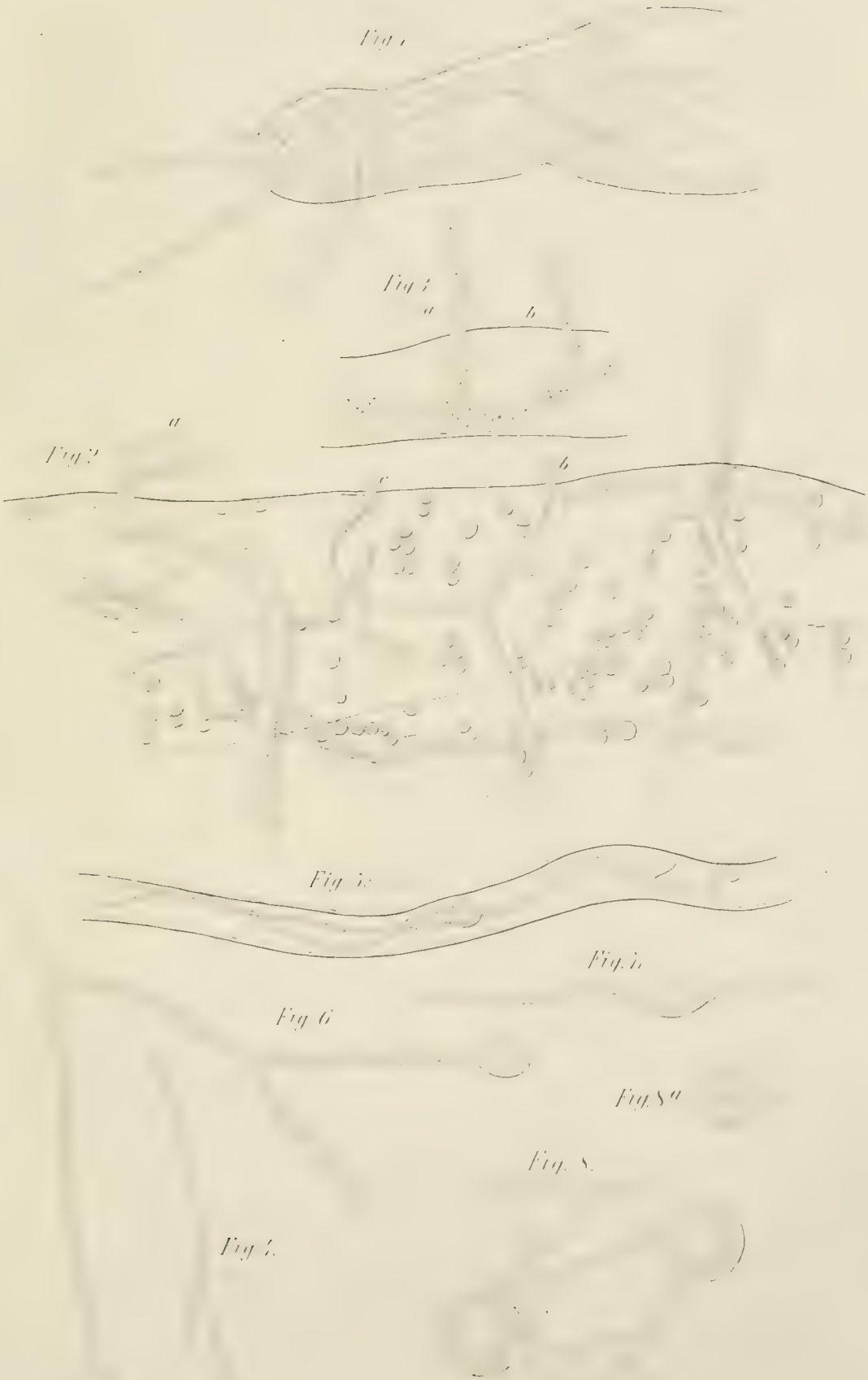


Fig. 1
Fig. 3
a
b
a
Fig. 2
b
c
Fig. 5
Fig. 6
Fig. 8a
Fig. 8
Fig. 4

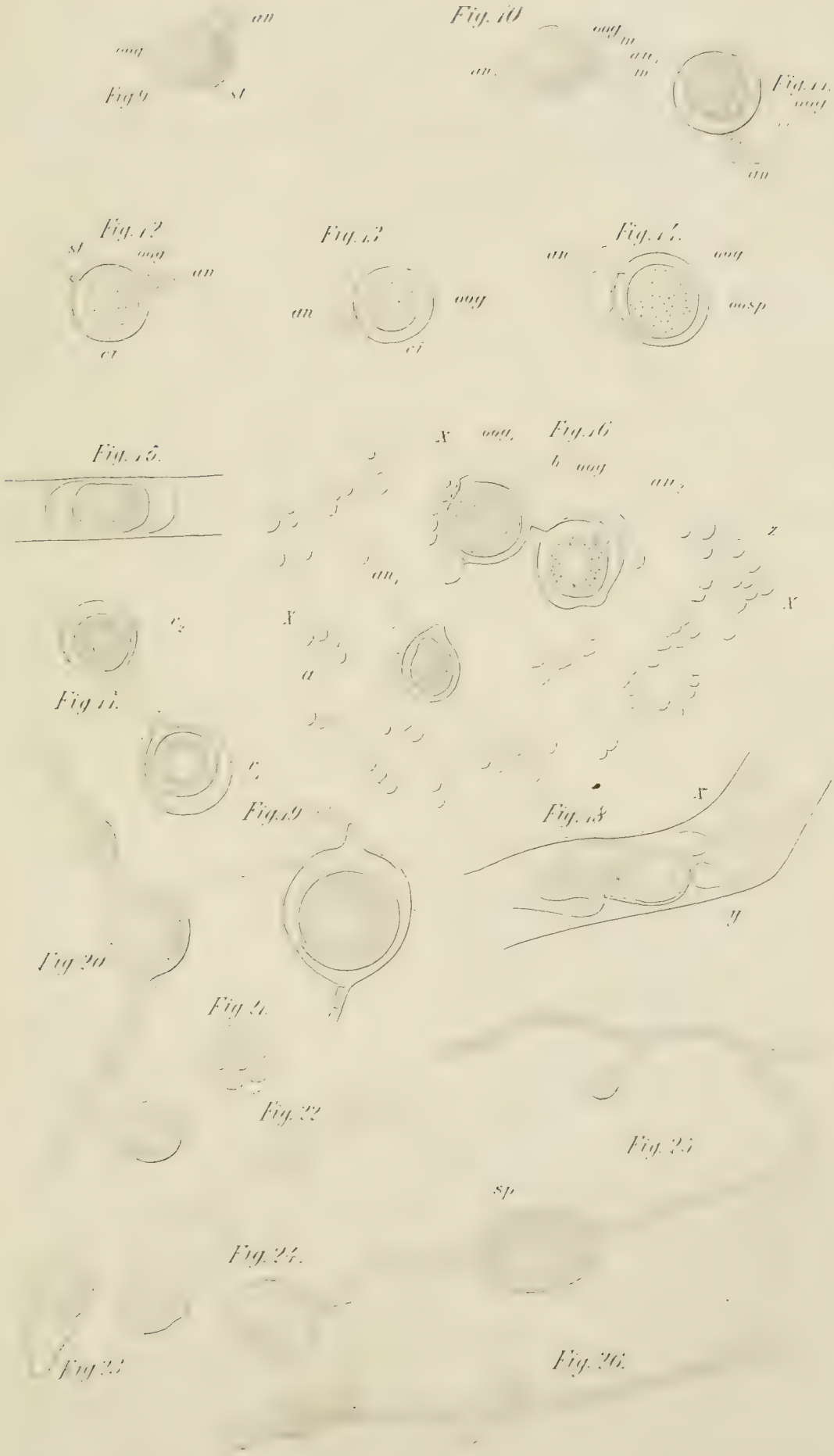


Fig. 9
Fig. 10
Fig. 11.
Fig. 12
Fig. 13
Fig. 14.
Fig. 15.
Fig. 16
Fig. 17.
Fig. 18
Fig. 19
Fig. 20
Fig. 21.
Fig. 22
Fig. 23
Fig. 24.
Fig. 25
Fig. 26.

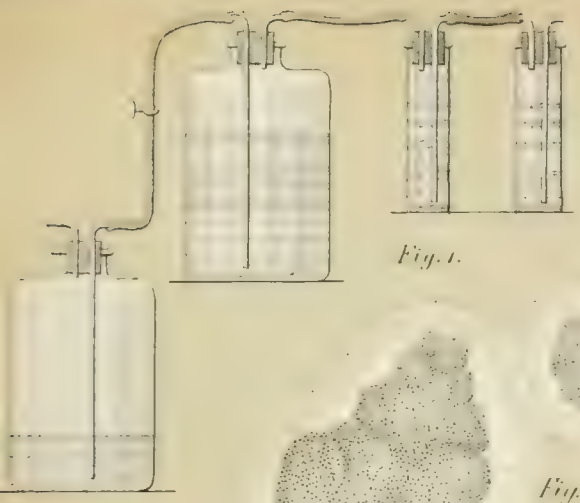


Fig. 1.

Fig. 4

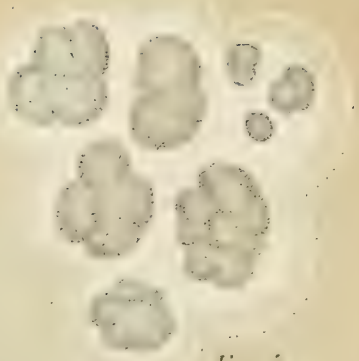


Fig. 5.

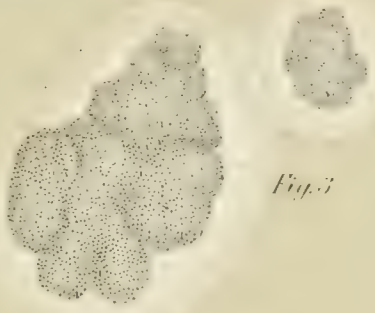


Fig. 3

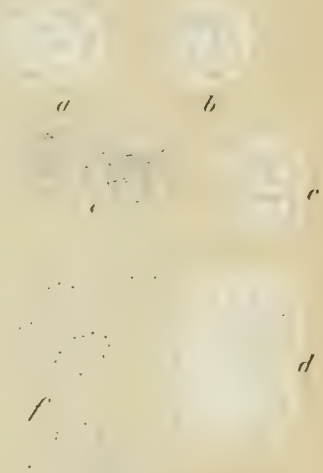


Fig. 6.

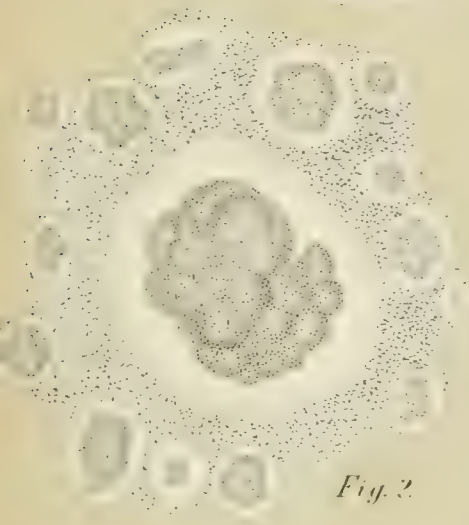


Fig. 2

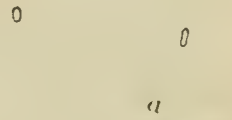
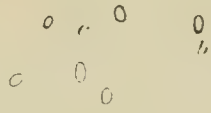


Fig. 7.

Fig. 10.



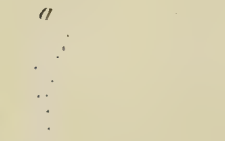


Fig. 8.

Fig. 12.

Fig. 9.

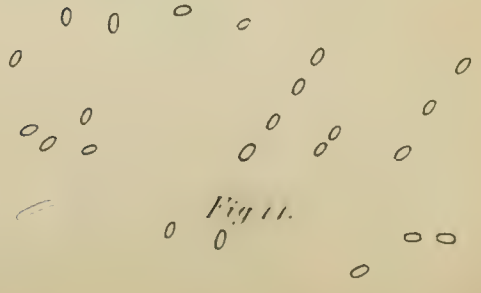


Fig. 13.

Fig. 11.

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4

Fig. 5.

Fig. 6.

Fig. 7.

Fig. 8.

Fig. 9.

Fig. 10

Fig. 11.

Fig. 12

Fig. 13.

Fig. 14.

Fig. 15.

Fig. 16.

Fig. 17

Fig. 18

New York Botanical Garden Library
3 5185 00259 2036